

KONINKLIJKE AKADEMIE VAN WETENSCHAPPEN
TE AMSTERDAM

PROCEEDINGS

VOLUME XXXVII

No. 6

President: J. VAN DER HOEVE

Acting-Secretary: H. R. KRUYT

CONTENTS

- L. S. ORNSTEIN: "Zur Schwarmtheorie der flüssigen Kristalle", p. 318.
- JAN DE VRIES: "Ein aus kubischen Raumkurven gebildeter Komplex", p. 322.
- JAN DE VRIES: "Eine Abbildung der Kongruenz von kubischen Raumkurven durch drei Punkte, welche eine vorgegebene Gerade zweimal treffen und zwei anderen Geraden begegnen", p. 324.
- F. M. JAEGER and W. A. VEENSTRA: "The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures. XVI. The Specific Heats of metallic Thorium and of Thoriumdioxide between 20° and 1400° C.", p. 327.
- F. M. JAEGER and J. A. VAN DIJK: "On the Complex Salts of α - α' -Dipyridyl with Bivalent Iron", p. 333.
- G. GIESBERGER: "Pankreas-, Speichel- und Aspergillusamylase (Taka-Diastase) als Gemisch zweier Arten von Amylasen". (Communicated by Prof. F. A. F. C. WENT), p. 336.
- C. STUART and C. J. KAMP: "The electric organ and its centres in *Torpedo marmorata*". (Communicated by Prof. C. U. ARIËNS KAPPERS), p. 342.
- N. POSTMA: "Interaction between Viscous and Tetanic functions in the foot of the snail (*Helix pomatia*). (Communicated by Prof. H. J. JORDAN), p. 348.
- E. GORTER, TH. M. MEYER and G. TH. PHILIPPI: "On the spreading of a tripeptide". (Communicated by Prof. J. VAN DER HOEVE), p. 355.
- D. J. KOK: "L'intoxication aigue par la bulbocapnine chez le chien" (Communicated by Prof. B. BROUWER). p. 357. (With one plate).

Physics. — Zur Schwarmtheorie der flüssigen Kristalle. Von L. S. ORNSTEIN.

(Communicated at the meeting of May 26, 1934).

Die Schwarmtheorie beschreibt die makroskopischen Eigenschaften der flüssigen Kristalle durch die Annahme dasz sich in der flüssigkristallinen Phase Gebiete bilden, die infolge der spontanen Ausrichtung der Moleküle bestimmte Eigenschaften besitzen. So kann man z.B. die bekannte Trübung der anisotropen Flüssigkeiten erklären, indem man annimmt dasz diese Gebiete doppelbrechend sind. Dieselbe sind dann mit optisch-einachsigen Kristallen zu vergleichen, die in willkürlicher Richtung durch einander liegen. Durch innere Reflexion und Doppelbrechung entsteht eine Zerstreuung des Lichtes die quantitativ mit Hilfe der Doppelbrechung zu beschreiben ist. Ähnlich kann der Einfluss eines Magnetfeldes auf die dielektrischen Eigenschaften der flüssigkristallinen Phase hergeleitet werden aus der Annahme dasz sie aus magnetisch und dielektrisch anisotropen Gebieten bestehen. Die Schwarmhypothese hat nicht nur Erfolg gezeigt bei der Erklärung von schon bekannten Erscheinungen, sie war auch im Stande neue Erscheinungen vorauszusagen.

Zur Erklärung der Eigenschaften der Elementargebiete hat man angenommen, dasz die Substanzen die fl. kr. Schmelze bilden langgestreckte Moleküle besitzen. Eine Parallel-Ordnung dieser Moleküle ist dann möglich und man hat sich bisher begnügt zu bemerken dasz aus Symmetrie-Gründen leicht ersichtlich ist, dasz ein parallel geordnetes Gebilde sich als ein optisch-einachsiger Kristall verhalten musz.

Nun hat A. VAN WIJK in sein Utrechter Dissertation (Invloed van Magneetveld, zwermen en wand op de kristaloptische eigenschappen van vloeibaar kristallijn *p*-azoxyanisol 1929) die Tatsache gefunden, dasz die Doppelbrechung n für *p*-azoxyanisol im flüssigkristallinen Gebiet dargestellt werden kann durch die Formel

$$n = f(\lambda) g(T)$$

wo λ die Wellenlänge und T die Temperatur darstellt. Weiter ist das Verhältnis von $\mu_1 - \mu_2$ und $\epsilon_1 - \epsilon_2$ wo μ_1 und μ_2 die Permeabilität und ϵ_1 und ϵ_2 die dielektrische Konstante des fl. kr. Präparates darstellen unabhängig von der Temperatur (vergl. ORNSTEIN, Discussionsbemerkung, Zeitschr. f. Kristallographie, Bd. 79 Heft 1/4, 1931.)

Wir werden nun zeigen, dasz die Schwarmtheorie im Stande ist diese Resultate herzuleiten. Wir formulieren die Schwarmtheorie folgendermassen. Wenn wir wissen, dasz in einem Punkt P die Achse eines Moleküls

in der Richtung A steht, so ist die Lage eines Moleküls in dem Abstand z nicht mehr willkürlich, sondern es gibt eine Wahrscheinlichkeit $g(z\varphi)d\Omega$ dafür dass die Achse des zweiten Moleküls einen Winkel φ mit der Richtung A bildet mit einem Spielraum $d\Omega (= 2\pi \sin \varphi d\varphi)$. Wenn keine Beeinflussung der Lage anwesend ist, ist $g(z\varphi)$ gegeben durch $\frac{1}{4\pi}$. Im Allgemeinen wird $g(z\varphi)$ für kleine Werte von z nur von Null abweichende Werte für Werte von φ besitzen, die in der Nähe von Null sind und dann allmählich zur gleichmässigen Verteilung übergehen. Wesentlich für die Schwarmtheorie ist der Gedanke, dass die Distanz z wo merkliche Beeinflussung der Wahrscheinlichkeit der Lage besteht den Distanzen gegenüber gross ist worüber die molekulären Kräfte wirken, und dass also dort $g(z\varphi)$ nur von Null verschieden ist wo φ sehr klein ist. Man muss sich die Sache so denken, dass das Molekül in P nur seine unmittelbare Nachbarschaft *direkt* beeinflusst aber seinen Einfluss doch durch mittelbare Wirkung weiter erstreckt, da die an P benachbarten Moleküle ihre Umgebung beeinflussen und so weiter.

Integriert man $g(z\varphi)$ über die Einheitskugel dann erhält man:

$$\int g(z\varphi) d\Omega = 1.$$

In unseren Betrachtungen werden nun zwei Integrale über den Raum auszudehnen eine Rolle spielen. Es sind die Integrale

$$\int dv \int g(z\varphi) \cos^2 \varphi d\Omega$$

und

$$\int dv \int g(z\varphi) \sin^2 \varphi d\Omega$$

diese Integrale divergieren da $\int g(z\varphi) \cos^2 \varphi d\Omega$ und $\int g(z\varphi) \sin^2 \varphi d\Omega$ resp. $1/3$ und $2/3$ sind, wo keine Schwarmwirkung existiert. Wir betrachten daher die Integrale

$$\int dv \int \left(g(z\varphi) - \frac{1}{4\pi} \right) \cos^2 \varphi d\Omega$$

und

$$\int dv \int \left(g(z\varphi) - \frac{1}{4\pi} \right) \sin^2 \varphi d\Omega$$

wo das Integral über v null ist für das Gebiet wo keine merkliche Beeinflussung der Wahrscheinlichkeit (Schwarmbildung!) existiert!

Wir wollen jetzt untersuchen welcher Beitrag zur Polarisierung der Volumeneinheit durch einen Schwarm geliefert wird. Wir denken uns um

die Gedanken zu präzisieren, dass jedes Molekül ein Elektron enthält, das durch quasi-elastische Kräfte an eine Gleichgewichtslage gebunden ist und zwar sei a_1 , die Proportionalitätskonstante in der Richtung der Achse und a_2 diejenige senkrecht dazu. Denken wir nun ein Molekül mit gegebener Achsenrichtung A und sei die Richtung des Feldes E parallel zu dieser Richtung, dann wird die Polarisierung eines Moleküls dessen Achse eine Richtung φ mit derjenigen des ersten Moleküls bildet:

$$E e^2 \left(\frac{\cos^2 \varphi}{a_1} + \frac{\sin^2 \varphi}{a_2} \right).$$

betragen.

Wir suchen jetzt den Beitrag zur Polarisierung eines Volumens soweit diese beeinflusst wird durch die Wirkung des gegebenen Moleküls.

Es liegen in einem Volumenelement dv :

$$N dv g(z\varphi) d\Omega$$

Moleküle, dessen Achsen einen Winkel φ mit A bilden, wo N die Zahl der Moleküle pro Volumeneinheit ist. Ihr Beitrag zur Polarisierung ist

$$E e^2 N dv \left(\frac{\cos^2 \varphi}{a_1} + \frac{\sin^2 \varphi}{a_2} \right) g(z\varphi) d\Omega.$$

Die Moleküle, die so entfernt liegen, dass $g(z\varphi) = \frac{1}{4\pi}$ ist, liefern zur Polarisierung einen Beitrag

$$E^2 e^2 N dv \left(\frac{1}{3a_1} + \frac{2}{3a_2} \right).$$

Wenn man nun die Gesamtpolarisierung eines Gebietes bestimmt, muss man diesen Beitrag nicht mitrechnen, da in diesem Abstand die Moleküle zu anderen Schwärmen gehören.

Wir betrachten daher:

$$E e^2 N dv \left\{ \int \left(\frac{\cos^2 \varphi}{a_1} + \frac{\sin^2 \varphi}{a_2} \right) g(z\varphi) d\Omega - \left(\frac{1}{3a_1} + \frac{2}{3a_2} \right) \right\}$$

der ausserhalb des Schwarmes den Wert Null hat. Integriert man sie über den unendlichen Raum so bekommt man die Polarisierung des Schwarmvolumens vermindert mit $E e^2 N \left(\frac{1}{3a_1} + \frac{2}{3a_2} \right) v$ wo v das Volumen des Schwarmes ist. Für die Polarisierung des Schwarmes pro Volumeneinheit, welche dividiert durch E gleich $\epsilon_1 - 1$ ist findet man:

$$E_1 - 1 = \frac{e^2 N}{v} \int dv \left\{ \int \left(\frac{\cos^2 \varphi}{a_1} + \frac{\sin^2 \varphi}{a_2} \right) g(z\varphi) d\Omega - \left(\frac{1}{3a_1} + \frac{2}{3a_2} \right) \right\} + e^2 N \left(\frac{1}{3a_1} + \frac{2}{3a_2} \right)$$

wofür man auch schreiben kann:

$$\varepsilon_1 - 1 = \frac{e^2 N}{v} \int dv \left(\frac{\cos^2 \varphi}{a_1} + \frac{\sin^2 \varphi}{a_2} \right) \left(g(z, \varphi) - \frac{1}{4\pi} \right) d\Omega + e^2 N \left(\frac{1}{3a_1} + \frac{2}{3a_2} \right).$$

Das Integral gibt die Abweichung der dielektrischen Konstante von dem Wert bei homogener Verteilung der Moleküle.

In derselben Weise kann man die dielektrische Konstante senkrecht zur Achsenrichtung bestimmen. Wenn das Feld E senkrecht zur Achse A steht und ein Molekül in der Distanz φ einen Winkel mit der Achse bildet und weiter durch ein Azimut ψ bestimmt ist, ist seine Polarisation

$$e^2 E \left(\left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} \right) \sin^2 \varphi \cos^2 \psi + \frac{1}{a_2} \right).$$

In ähnlicher Weise findet man hier für

$$\varepsilon_2 - 1 = \frac{N e^2}{v} \int dv \left(\frac{1}{2} \left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} \right) \sin^2 \varphi + \frac{1}{a_2} \right) \left(g(z, \varphi) - \frac{1}{4\pi} \right) d\Omega + N e^2 \left(\frac{1}{3a_1} + \frac{2}{3a_2} \right)$$

wo das Integral wieder den „Schwarm“ beitrug zur dielektrischen Konstante gibt.

Für $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ bekommen wir schliesslich

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{N e^2}{v} \left(\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} \right) \int dv \left[\left(\cos^2 \varphi - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi \right) g(z, \varphi) d\Omega \right]$$

wobei das Integral über den unendlichen Raum ausgedehnt werden kann, dasz es ausserhalb den Schwarm den Wert Null bekommt, der

$$\int \left(\cos^2 \varphi - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi \right) d\Omega = 0$$

ist.

Da nun $\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2}$ eine von der Temperatur unabhängige charakteristische Konstante ist und $\frac{1}{v} \int dv \int \left(\cos^2 \varphi - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi \right) g(z, \varphi) d\Omega$ durch die Korrelation bestimmt ist und also temperaturabhängig ist, haben wir jetzt die Möglichkeit zur Erklärung der genannten Tatsachen erhalten.

Erstens wird man namentlich für $\mu_1 - \mu_2$ einen analogen Ausdruck erhalten wo eine für die magnetischen Eigenschaften der Moleküle charakteristische Konstante mit der gleichen Funktion multipliziert ist, also ist der

Quotient $\frac{\mu_1 - \mu_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}$ unabhängig von T .

Zweitens kann man ein ähnliches Resultat für den Brechungsindex finden, wenn man die Herleitung wie sie nach dem klassischen Muster für die dielektrische Konstante gegeben ist durch die bekannte Herleitung ersetzt wie sie für die Theorie der Brechungsindex üblich ist, wodurch das v. WIJK'sche Resultat erhalten ist.

Das Problem, das jetzt noch zu lösen ist, ist zu untersuchen wie die Temperaturabhängigkeit des Integrals

$$\frac{1}{v} \int dv \int \left(\cos^2 \varphi - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi \right) g(z, \varphi) d\Omega$$

mit den elementaren Eigenschaften derjenigen Moleküle zusammenhängt die flüssigkristallinische Schmelze bilden.

25 Mai 1934.

Mathematics. — *Ein aus kubischen Raumkurven gebildeter Komplex.* Von JAN DE VRIES.

(Communicated at the meeting of May 26, 1934).

§ 1. Vorgegeben seien die Punkte A_1, A_2, A_3 und die durch sie gelegten Geraden b_1, b_2, b_3 . Die kubischen Raumkurven k^3 durch A_1, A_2, A_3 , welche b_1, b_2, b_3 treffen, bilden einen Komplex.

Jede Transversale c der Geraden b bildet eine k^3 mit jeder Kurve k^2 des Büschels (k^2), dessen Basis aus den Punkten A und dem Schnittpunkte C von c mit der Ebene α der Punkte A besteht. Jede k^2 wird durch eine Gerade c zu einer k^3 ergänzt; die betreffende Spur C ist der vierte Schnittpunkt der k^2 mit der Spur γ^2 des Hyperboloids, welches durch die Geraden b bestimmt wird. Das System der *ausgearteten Kurven* (k^2, c) soll mit Σ bezeichnet werden, die Kurven k^2 mit α^2 .

§ 2. In jeder Ebene β_1 durch b_1 gibt es ein Büschel (β_1^2), dessen Basis aus A_1 und den Spuren B_2, B_3 und A_{23} der Geraden b_2, b_3 und a_{23} ($A_2 A_3$) besteht. Alle diese Kegelschnitte werden durch a_{23} zu *ausgearteten Figuren* des Komplexes ergänzt. Dieses System soll mit Σ_1 bezeichnet werden.

Analog sei Σ_2 das Symbol für das System (β_2^2, a_{13}), Σ_3 für das System (β_3^2, a_{12}).

Jede Ebene γ_{23} durch a_{23} trägt ein Büschel (γ_{23}^2) dessen Basis aus A_2, A_3 , der Spur C_1 von b_1 und der Spur C_{23} der aus A_1 über b_2 und b_3 geführten Transversale c_{23} besteht. Jede Kurve γ_{23}^2 bildet mit c_{23} eine

ausgeartete *Komplexkurve*. Das System dieser Ausartungen möge mit Σ_{23} bezeichnet werden.

Analog seien Σ_{12} und Σ_{13} die Symbole für die Systeme (γ_{12}^2, c_{12}) und (γ_{13}^2, c_{13}) .

§ 3. Die Figuren k^3 durch den *vorgegebenen Punkt* P bilden eine Fläche Π , deren Grad mittels ihres Schnittes mit der Ebene α bestimmt werde.

Das System Σ liefert dazu keinen Beitrag, weil P i.A. keine Gerade c trägt.

In der Ebene (Pb_1) liegt eine Kurve β_1^2 ; die ihr zugeordnete Gerade a_{23} gehört demnach der Fläche Π an. Der Schnitt von Π mit α besteht also aus den Geraden a_{12} , a_{23} und a_{13} .

Weil P mit a_{23} eine Ebene γ_{23} , also eine γ_{23}^2 bestimmt, trägt Π die Gerade c_{23} und analog die Geraden c_{12} und c_{13} . Hieraus erhellt, dass die kubische Fläche Π^3 Doppelpunkte in A_1 , A_2 und A_3 hat, wonach sie ein *kubisches Trimonoid* ist.

Weil die Ebene (Pa_{23}) diese Fläche in a_{23} und einer γ_{23}^2 schneidet, ist P kein Doppelpunkt.

Das Trimonoid enthält ersichtlich auch die Geraden b_1, b_2, b_3 . Dass jeder Punkt B_1 von b_1 nur *eine* k^3 des durch P bestimmten Systems trägt, soll noch erhärtet werden. Die Kurven ϱ^3 durch B_1, P, A_1, A_2, A_3 welche b_2 treffen, bilden die quadratische Kegelfläche φ_2^2 , welche B_1, P, A_1, A_3 und die Punktreihe (B_2) von b_2 aus A_2 projiziert; diese Fläche trifft b_3 in einem Punkte B_3 , wonach φ_2^2 eine Kurve k^3 von Π^3 trägt, welche B_1 enthält. Sie bildet offenbar mit a_{23} die Schnittfigur von φ_2^2 mit dem analogen Kegel φ_3^2 .

§ 4. Die *Komplexkurven*, welche die *vorgegebene Gerade* d zweimal treffen, bilden eine Fläche, die mit Δ bezeichnet werde.

Das durch einen Punkt P von d bestimmte Trimonoid Π^3 trifft d noch in zwei Punkten; P trägt somit zwei Kurven k^3 , die dem System Δ angehören. Demnach ist d *Doppelgerade* auf der Fläche Δ .

Weil es zwei Geraden c gibt, welche d treffen, enthält Δ zwei Kurven α^2 ; sie bilden ersichtlich den Schnitt von Δ mit der Ebene α , wonach Δ eine *Fläche vierten Grades* ist.

Es soll nun gezeigt werden, dass die b_k einfache Geraden von Δ^4 sind, woraus dann erhellt, dass A_1, A_2, A_3 *Doppelpunkte* von Δ^4 wären.

Zu dem Zweck werde zunächst das System der kubischen Kurven durch A_1, A_2, A_3 und einen Punkt B_1 (von b_1) betrachtet, welche b_2 treffen und d zur Bisekante haben. Der Schnitt der durch diese Kurven gebildete Fläche mit der Ebene α ist ersichtlich der Kegelschnitt durch die Punkte A , die Spur von d und die Spur der Transversale aus B_1 über d und b_2 . Die betreffende Fläche ist somit quadratisch und bestimmt auf b_3 einen Punkt B_3 . Hieraus erhellt, dass B_1 eine Kurve k^3 trägt, die der Fläche Δ^4 angehört.

§ 5. Mit Γ soll das System der k^3 bezeichnet werden, welche sich auf die vorgegebenen Geraden g_1, g_2 stützen. Der Fläche dieses Systems gehört der Kegelschnitt a^2 an, der durch die Spuren G_1, G_2 dieser Geraden bestimmt wird; er trifft die Kurve γ^2 in der Spur C der ihm zugeordneten Gerade c .

Die Gerade g_1 trifft zwei Geraden c ; ihre Schnittpunkte mit a seien C_1' und C_1'' ; sie bestimmen mit G_2 zwei Kurven a^2 , die dem System Γ angehören. Analog gibt es zwei a^2 , welche durch G_1 und die Spur C_2' bez. C_2'' bestimmt werden.

Um zu untersuchen ob Γ Figuren des Systems Σ_1 enthält, werde zunächst der Ort Ω der k^2 in den Ebenen β_1 betrachtet, welche A_1 enthalten und sich auf g_1, g_2, b_2 und b_3 stützen. Bekanntlich bilden die k^2 durch A_1 und einen festen Punkt B_1 , welche die Geraden g_1, b_2, b_3 treffen, ein Dimonoid vierten Grades; seinen vier Schnittpunkten mit g_2 entsprechen vier k^2 , die b_1 in B_1 treffen. Demnach ist b_1 vierfache Gerade auf dem Monoid Ω , und dieses eine Fläche sechsten Grades. Diese schneidet a_{23} , ausser in A_2 und A_3 , in vier Punkten A_{23} (§ 2). Die Fläche Γ enthält somit vier Figuren (β_1^2, a_{23}) , wonach a_{23} eine vierfache Gerade ist. Der Schnitt von Γ mit a besteht somit aus 5 Kegelschnitten und den vierfachen Geraden a_{12}, a_{13}, a_{23} , und Γ ist eine Fläche 22ten Grades.

Die Kegelschnitte durch A_2 und A_3 , die sich auf b_1, g_1, g_2 stützen, bilden ein Monoid vierten Grades, welches mit c_{23} , ausser A_1 , drei Punkte C_{23} (§ 2) gemein hat. Daher enthält Γ^{22} drei Figuren des Systems Σ_{23} , und in Folge dessen sechs dreifache Geraden: $b_1, b_2, b_3, c_{23}, c_{13}, c_{12}$.

Auch g_1 und g_2 sind dreifache Geraden. Denn das einem Punkte P_1 von g_1 entsprechende Trimonoid Π^3 wird von g_2 in 3 Punkten P_2 getroffen.

Mathematics. — Eine Abbildung der Kongruenz von kubischen Raumkurven durch drei Punkte, welche eine vorgegebene Gerade zweimal treffen und zwei anderen Geraden begegnen. Von JAN DE VRIES.

(Communicated at the meeting of May 26, 1934).

§ 1. Eine kubische Raumkurve q^3 möge die Punkte A_1, A_2, A_3 enthalten, eine Gerade b zweimal schneiden und die Geraden c_1, c_2 bez. in P_1 und P_2 treffen. Als ihr Bild betrachte ich die Spur der Gerade P_1P_2 in der festen Ebene E . Einem Punkte R von E entspricht i.A. eine bestimmte Kurve q^3 .

Die Spuren U_1, U_2 von c_1, c_2 sind ersichtlich singuläre Bildpunkte; dem Punkte U_1 z.B. entsprechen alle q^3 durch U_1 und die Punkte P_2 von c_2 . Die q^3 durch U_1, A_1, A_2, A_3 , welche b zweimal treffen, bilden eine Kongruenz, in der es vier q^3 gibt, welche zwei Geraden c_2 und c_3 schneiden.

Die ϱ^3 der abzubildenden Kongruenz, welche sich auf c_3 stützen, bilden eine Fläche A ; die Bildkurve λ dieses Systems hat somit *vierfache Punkte* in U_1, U_2 . Die Gerade U_1U_2 ist das Bild der durch U_1 und U_2 gelegten ϱ^3 ; weil sie c_3 i.A. nicht trifft, ist λ eine Kurve achten Grades, $\lambda^8(U_1^4U_2^4)$.

§ 2. In der Ebene $\alpha(A_1A_2A_3)$ liegt ein Büschel kubischer Kurven (β^3), welche in der Spur B von b einen *Doppelpunkt* haben und die Punkte A_1, A_2, A_3 nebst den Spuren C_1, C_2 von c_1, c_2 enthalten. Das System (β^3) dieser *nodalen* Kurven gehört der Kongruenz an und wird abgebildet auf die Spur S_0 der Gerade C_1C_2 .

In der Ebene α_1 , durch A_1 und b , sind A_1 und die Spuren A_{23}, C_1^1, C_2^1 der Geraden $a_{23} (A_2A_3)$, c_1, c_2 die Basispunkte eines Büschels (α_1^2) von Kegelschnitten, welche durch a_{23} zu Kongruenzkurven ergänzt werden. Dieses System $[a_1]$ wird abgebildet auf die Spur S_1 der Gerade $C_1^1C_2^1$.

Es gibt zwei analoge Systeme, mit Bildpunkten S_2 und S_3 .

Weil c_3 je eine Figur von jedem der genannten Systeme trifft, enthält λ^8 die *vier singulären Punkte* S, S_1, S_2, S_3 , entspricht also dem Symbol $\lambda^8(U_1^4U_2^4S_0S_1S_2S_3)$.

Da es keine weitere Systeme gibt, in denen die Gerade P_1P_2 fest liegt, haben zwei Bildkurven λ^8 $64 - 2 \times 16 - 4$, also 28 Punkte R gemein.

Das System der Kongruenzkurven die einer Gerade c_3 begegnen, bildet folglich eine Fläche achtundzwanzigsten Grades.

§ 3. Es gibt noch andere Systeme von ausgearteten ϱ^3 . In der Ebene α betrachte ich das Büschel (β^2) durch die Punkte A_1, A_2, A_3 und B . Jeder Kegelschnitt dieses Büschels trifft *drei* Geraden r , welche sich auf b, c_1 und c_2 stützen, gehört demnach *drei* Figuren ϱ^3 an. Jede Gerade r ist hingegen einer β^2 zugeordnet. Weil die Geraden r eine *quadratische Regelschar* bilden, wird das System der (β^2, r) in E vertreten durch einen Kegelschnitt ε^2 durch U_1, U_2 und die Spur B_0 von b .

Der Kegelschnitt β_1^2 durch A_1, A_2, A_3, B und C_1 bildet Figuren ϱ^3 mit jeder Gerade r_1 , welche ihn und die Geraden b und c_2 trifft. Die Geraden r_1 bilden eine *kubische Regelschar*, mit doppelter Leitgerade b und einfacher Leitgerade c_2 .

Das Bild des Systems der (β_1^2, r_1) ist die Gerade g_2 durch U_2 , in welcher E durch die Ebene (C_1c_2) geschnitten wird. Sie begegnet der ε^2 in einem Punkte R , der das Bild ist der ϱ^3 , welche den Systemen (β^2, r) und (β_1^2, r_1) gemeinsam ist; diese besteht aus β_1^2 und der Transversale r aus C_1 .

Analog wird das System (β_2^2, r_2) auf eine Gerade g_1 abgebildet, welche U_1 trägt.

§ 4. Ich betrachte jetzt das System der Kegelschnitte α_{23}^2 durch A_2 und A_3 , die sich stützen auf c_1, b und auf die Transversale a_1'' aus A_1 über b und c_2 .

Der Ort der α_{23}^2 ist ein *kubisches Dimonoid*, mit Doppelpunkten in A_2

und A_3 ; die Gerade a_{23} bildet nämlich eine ausgeartete a_{23}^2 mit einer Geraden, welche a_{23} in A_{23} , c_1 in C_1' trifft und auch b und a_1'' schneidet. Jede a_{23}^2 wird durch a_1'' zu einer ϱ^3 ergänzt.

Die aus den Geraden a_{23} , A_{23} , C_1' und a_1'' gebildete ϱ^3 gehört auch dem System $[a_1]$ an, denn $A_{23}C_1'$ und a_1'' bilden ein Geradenpaar des Büschels (a_1^2) . Ihr Bild ist der Punkt S_1 .

Das System (a_{23}^2, a_1'') wird ersichtlich abgebildet auf die Gerade g_1' durch U_1 und S_1 , entspricht also dem Symbol $g_1' (U_1S_1)$. Analog gibt es 5 andere Systeme, welche abgebildet werden auf die Geraden $g_2' (U_1S_2)$, $g_3' (U_1S_3)$, $g_1'' (U_2S_1)$, $g_2'' (U_2S_2)$, $g_3'' (U_2S_3)$.

§ 5. Die Kegelschnitte γ_{23}^2 durch A_2 und A_3 , welche b , c_1 und c_2 treffen, bilden ein *Dimonoid* Δ_{23}^4 , welches in a_{23} eine zweifache torsale Gerade besitzt. Jede γ_{23}^2 bildet eine ϱ^3 mit einer Geraden t_1 durch A_1 über b . Jeder Strahl t_1 gehört 3 Figuren ϱ^3 an.

Das System (γ_{23}^2, t_1) wird abgebildet auf den Kegelschnitt δ_{23}^2 , in welchem die Regelschar der Transversalen von a_{23} , c_1 , c_2 durch die Bildebene geschnitten wird; δ_{23}^2 enthält die Punkte U_1 , U_2 und die Spuren A_2^* , A_3^* der Transversalen a_2 , a_3 aus A_2 , A_3 über c_1 , c_2 .

Das System enthält die Figur, welche aus dem Kegelschnitt $A_2A_3BC_1C_2$ und der Geraden A_1B besteht; weil sie auch dem System (β^3) angehört, welches in S_0 abgebildet wird, ist das Bild des Systems (γ_{23}^2, t_1) durch das Symbol $\delta_{23}^2(U_1U_2S_0A_2^*A_3^*)$ vertreten.

Analog gibt es die Systeme (γ_{12}^2, t_3) und (γ_{13}^2, t_2) .

Der den Bildkurven δ_{23}^2 und δ_{12}^2 gemeinschaftliche Punkt A_2^* ist das Bild der Figur, welche aus der Geraden a_2 und den Transversalen aus A_1 bez. A_3 über a_2 und b besteht.

§ 6. Der Kegelschnitt durch A_1 , A_2 , A_3 , B , C_1 bildet mit der Geraden BC_2 ebenfalls eine Figur von (β^3) . Sie gehört aber auch dem System (β_1^2, r_1) an, indem der Strahl r_1 in α liegt.

Folglich ist g_2 die Gerade, welche die Punkte U_2 und S_0 verbindet; Symbol $g_2(U_2S_0)$. Die Geraden g_1 und g_2 begegnen sich also in S_0 .

Im System $[a_1]$ gibt es die Figur, welche aus den Geraden $C_1'C_2'$, A_1A_{23} und A_2A_3 besteht; weil A_1A_{23} und A_2A_3 eine Ausartung des Büschels (β^2) in α bilden, wobei $C_1'C_2'$ die ergänzende Gerade r ist, gehört die sprachliche Figur auch dem System (β^2, r) an. Die Bildkurve ε^2 dieses Systems enthält somit den Bildpunkt S_1 von $[a_1]$.

Analog findet sich in $[a_2]$ und $[a_3]$ je eine ϱ^3 , welche auch in (β^2, r) angetroffen wird. Die Bildkurve dieses Systems entspricht somit dem Zeichen $\varepsilon^2(U_1U_2S_1S_2S_3)$.

Im System (β_1^2, r_1) betrachte ich die Figur, welche sich ergibt, wenn die Transversale r_1 durch C_1 gelegt wird. Diese Figur gehört offenbar auch dem System (β^2, r) an; β_1^2 ist nämlich in β^2 , r_1 in r übergegangen. Das Bild dieser Figur ist der zweite Schnittpunkt von ε^2 und g_2 .

§ 7. Die ϱ^3 , welche eine vorgegebene Ebene φ berühren, bilden eine Fläche Φ .

In der Kongruenz der ϱ^3 durch vier Punkte (A_1, A_2, A_3, U_1) welche eine Gerade b zweimal treffen, gibt es 8 Kurven, welche eine Gerade (c_2) schneiden und eine Ebene (φ) berühren. Hieraus erhellt, dass die Bildkurve des Systems Φ einen *achtfachen Punkt* in U_1 (also auch in U_2) besitzt, wonach sie eine $\varphi^{16}(U_1^8 U_2^8)$ ist.

Im Büschel (β^3) gibt es vier Kurven, die φ berühren; denn die Gerade $a\varphi$ wird durch (β^3) in einer kubischen Involution geschnitten, wo es bekanntlich vier Gruppen mit einem Doppelpunkt gibt. Demnach hat φ^{16} in S_0 einen *vierfachen Punkt*.

Im Büschel (α_1^2) finden sich 2 Kurven, welche φ berühren; also ist S_1 *Doppelpunkt* von φ^{16} .

Die Bildkurve des Systems Φ entspricht daher dem Symbol $\varphi^{16}(U_1^8 U_2^8 S_0^4 S_1^2 S_2^2 S_3^2)$.

Mit einer Bildkurve $\lambda^8(U_1^4 U_2^4 S_0 S_1 S_2 S_3)$ hat sie $16 \times 8 - 2 \times 8 \times 4 - 4 - 3 \times 2$, also 54 Punkte R gemein. Die ϱ^3 , welche eine vorgegebene Ebene berühren, bilden daher eine *Fläche vierundfünfzigsten Grades*.

Chemistry. — *The Exact Measurement of the Specific Heats of Solid Substances at Higher Temperatures: XVI. The Specific Heats of metallic Thorium and of Thoriumdioxide between 20° and 1400 °C.* By F. M. JAEGER and W. A. VEENSTRA.

(Communicated at the meeting of May 26, 1934).

§ 1. In this paper we wish to publish the results of the exact measurement of the specific heats of metallic *thorium* and of *thoriumdioxide* at a series of temperatures ranging from 300° to 1400° C.

Thorium crystallizes in the cubic system: its face-centred cell has: $a_0 = 5.04$ A.U.; its specific gravity is: 11.96 at 0° C. and the melting-point lies above 1700° C. For the determination of the specific heats of metallic *thorium*, we had at our disposal a rod *A* of the pure metal, which most kindly was furnished us by the *Westinghouse Lamp Company* in *Bloomfield N. J.* On analysis it proved to contain 93.94% *Th*, traces of iron, bismuthum, lead, calcium and phosphorus and, moreover, 6.04% *ThO*₂. A second preparation *B* consisted of *thorium* in powderform from E. MERCK; this specimen contained 26.8% *ThO*₂. With the purpose of applying the necessary corrections for this content of dioxide, also the specific heats of *ThO*₂ within the same range of temperatures were determined. The metal, as well as the dioxide, were included in evacuated platinum crucibles of the usual type; because the platinum proved to

be attacked at about 1400°C. by the metal enclosed, the measurements were not continued above that temperature and stopped at about 1200°C. The behaviour of the metal was, in the beginning, not quite normal, although no retardation phenomena to such a degree as stated in the cases of beryllium, zirconium, cerium, chromium, etc., were observed. After stabilisation of the metal at 1200°C. , finally we were able to determine data for \bar{c}_p which were pretty accurate, — at least in the case of the massive rod A.

§ 2. The measurements with this specimen were started at 400°C. : as the maximum temperature of the calorimeter, however, proved no sooner to be reached than after 25 minutes, while the normal cooling-rate of the instrument was only re-established after 2 hours, — the

TABLE I.
Mean specific Heats \bar{c}_p of Thorium between 400° and 1200°C.

Temperature t in $^{\circ}\text{C.}$:	Final temperature t' of the Calorimeter:	\bar{c}_p between t° and $t'^{\circ}\text{C.}$:	Corrected specific heat \bar{c}_p for the oxide-free metal:	Corrected values of \bar{c}_p calculated from the formula:
397.6	21.10	0.03651	} 0.03496	0.03496
397.53	21.02	0.03658		
499.95	21.32	0.03722	} 0.03556	0.03537
500.05	21.27	0.03721		
628.72	21.30	0.03756	} 0.03584	0.03584
629.13	21.55	0.03756		
700.03	21.42	0.03795	0.03623	0.03617
801.23	21.39	0.03844	} 0.03666	0.03666
801.26	21.31	0.03833		
1065.5	21.7	0.04023	} 0.03853	0.03842
1062.7	21.9	0.04033		
1062.6	21.7	0.04015		
1062.5	21.5	0.04002		
1201.1	21.7	0.04121	} 0.03959	0.03959
1201.1	21.8	0.04124		

As the value of \bar{c}_p at 10°C. can hardly be deduced from the \bar{c}_p - t -curve with a sufficient degree of accuracy, the slight corrections of Q_0 between t' and 0°C. have not been applied.

crucible was heated at 1200° C. for some hours and then slowly cooled: now the maximum temperature was reached after 16—17 minutes, above 800° C. after 10—13 minutes and the calorimeter proved to have re-assumed its normal cooling-rate within the ordinary interval of time. Although the interval of 10—13 minutes is still rather appreciable in comparison with that observed with most metals, the values of \bar{c}_p thus measured are, however, sufficiently accurate. The results obtained are collected in the following table I.

These latter (corrected) values of \bar{c}_p between 400° and 1200° C. can, with sufficient accuracy, be represented by the formula:

$$\bar{c}_p = 0,03437 + 0,99078 \cdot 10^{-6} \cdot t + 0,14384 \cdot 10^{-8} \cdot t^2 + 0,113014 \cdot 10^{-11} \cdot t^3.$$

The true specific heats, therefore, by:

$$c_p = 0,03437 + 0,198156 \cdot 10^{-5} \cdot t + 0,43152 \cdot 10^{-8} \cdot t^2 + 0,452056 \cdot 10^{-11} \cdot t^3,$$

and the atomic heats C_p by:

$$C_p = 7,97816 + 0,45997 \cdot 10^{-3} \cdot t + 0,10014 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 + 0,10493 \cdot 10^{-8} \cdot t^3.$$

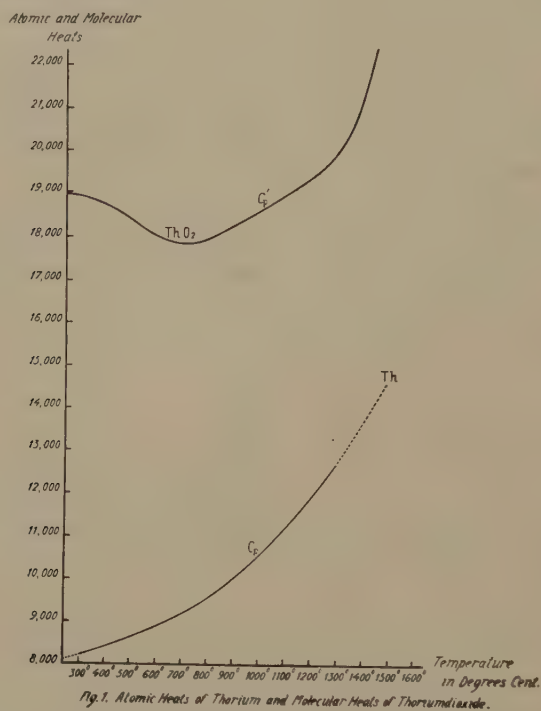
Some of the values of C_p thus calculated, are collected in Table II and graphically represented in Fig. 1; most remarkable are the very

Temperature t in °C.	Specific Heats c_p	Atomic Heats C_p
300°	0.03547	8.235
400	0.03618	8.390
500	0.03700	8.590
600	0.03809	8.841
700	0.03942	9.151
800	0.04103	9.524
900	0.04294	9.968
1000	0.04518	10.489
1100	0.04779	11.092
1200	0.05077	11.785

high values: 8,235 at 300° C.; 10,489 at 1000° C.; and, extrapolated, 14,463 at 1500° C., as would follow from the formula, if the increase of C_p with the temperature might supposed to continue in the same way up to 1500° C.

As no data concerning the compressibility and the coefficient of thermal

expansion of *thorium* are available in the literature, no calculation of c_v and C_v could be made.



§ 3. The values of \bar{c}_p obtained in the case of *thorium* in powderform (B) were the following (Table Ia). As this preparation contained 26.8%₀

TABLE IA. Mean Specific Heats of pulverized Thorium. (B)

Temperature t in °C.:	Final temperature t' of the Calorimeter:	Time elapsed till temperature-maximum of the Calorimeter:	Mean Specific Heat \bar{c}_p observed:	Mean Specific Heat \bar{c}_p after Correction:
397.20	21.20	5 minutes	0.04977	0.04546
500.03	21.28	5.5 "	0.05124	0.04682
629.30	21.31	5.5 "	0.05346	0.04940
800.68	21.56	4.5 "	0.05859	0.05609
500.00	21.28	5 "	0.05111	0.04669
1062.30	21.70	6.5 "	0.05256	0.04756
629.43	21.15	7.5 "	0.04750	0.04123

Prolongated heating at higher temperatures obviously causes the values of \bar{c}_p to decrease, as is illustrated by the determinations repeated at 500° and at 629°.4 C. This fact seems to indicate, that also in the case of thorium not only recrystallisation occurs, but that the metal really has a complex character.

ThO_2 , the necessary corrections are applied in the fifth column. All these values prove to be considerably greater (about 27%) than in the case of massive *thorium* (A): this fact is in agreement with what was observed in all such cases, where the mean specific heats of massive metals (*Be*, *Ce*, *Zr*, *Ti*) were compared with those of the pulverized or finely-ground metals at the same temperatures. Also in this case, the time τ necessary for reaching the maximum temperature of the calorimeter is much shorter, than in the case, when the massive metal is investigated. This time increases somewhat after repeated heatings at higher temperatures, in accordance with the fact, that a recrystallisation and a forming of greater granules sets in at increasing temperatures; at 1065° C. the experiments had to be stopped, because the platinum crucible proved to be attacked by the powdered thorium enclosed. The values obtained cannot be considered as sufficiently accurate and have only significance for the purpose of comparison of the influence, which the size of the grains has upon the values of \bar{c}_p observed: the *greater* the grains are, the *lower* the values of \bar{c}_p always prove to be.

§ 4. *Thoriumdioxide*. Pure *thoriumdioxide*: ThO_2 was enclosed in an

TABLE III. Mean Specific Heats of Thoriumdioxide between 400° and 1400° C.			
Temperature t in °C.:	Final temperature t' of the Calorimeter:	Mean Specific Heats \bar{c}_p :	\bar{c}_p as calculated from the formula:
398.20	21.13	0.06141	0.06141
501.04	21.06	0.06318	0.06332
630.79	21.21	0.06450	0.06444
630.87	21.31	0.06438	
800.93	21.42	0.06533	0.06511
900.17	21.50	0.06556	0.06544
959.57	21.57	0.06566	0.06566
1001.10	21.60	0.06600	0.06583
1062.3	21.70	0.06603	0.06609
1062.3	21.80	0.06614	
1203.7	21.80	0.06675	0.06675
1391.2	21.90	0.06783	0.06783

As the value of \bar{c}_p at 10° C. could, from the \bar{c}_p - t -curve, not be determined with a sufficient accuracy, the slight correction for the interval between 21° and 0° C. has not been applied in this case.

evacuated platinum crucible and its specific heats were determined in the usual way. The data obtained are collected in the following table III the maximum temperature of the calorimeter always was reached within 1.5 to 2 minutes.

The mean specific heats \bar{c}_p , in their dependance on the temperature, can fairly well be expressed by the formula:

$$\bar{c}_p = 0,027316 + 0,183054 \cdot 10^{-3} \cdot t - 0,361497 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 + \\ + 0,357245 \cdot 10^{-9} \cdot t^3 - 0,17382 \cdot 10^{-12} \cdot t^4 + 0,33525 \cdot 10^{-16} \cdot t^5.$$

The true specific heats \bar{c}_p , therefore, by:

$$c_p = 0,027316 + 0,366108 \cdot 10^{-3} \cdot t - 0,108449 \cdot 10^{-5} t^2 + \\ 0,142898 \cdot 10^{-8} \cdot t^3 - 0,8691 \cdot 10^{-12} \cdot t^4 + 0,20115 \cdot 10^{-15} \cdot t^5$$

and the molecular heats C'_p of the dioxide by:

$$C'_p = 7,2147 + 0,096696 \cdot t - 0,28644 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 + \\ 0,37742 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 - 0,22955 \cdot 10^{-9} \cdot t^4 + 0,5313 \cdot 10^{-13} \cdot t^5.$$

It must be remarked, however, that all these formulae may only be applied between 300° and 1400° C.; some of the values of C'_p thus calculated (see below) are graphically represented in Fig. 1.

Temperature:	C'_p :	Temperature:	C'_p :
300°	18.904	1000°	18.470
400	18.749	1100	18.835
500	18.444	1200	19.214
600	18.018	1300	19.695
700	17.818	1400	20.756
800	17.879	1500	22.886
900	18.142	1600	27.295

The curve has a flat minimum at about 720° C. and then rises rapidly with increasing temperatures. The *apparent* atomic heat of 1 atom of oxygen in the compound gradually *decreases* with increasing temperatures from 5.334 at 300° C. to 3.715 at 1200° C.; also¹⁾ in this case, evidently no additivity of the atomic heats of the constituting elements is present after their chemical combination.

*Groningen, Laboratory for Inorganic and
Physical Chemistry of the University.*

¹⁾ F. M. JAEGER, *Chemisch Weekblad*, **31**, (1934), 60.

Chemistry. — *On the Complex Salts of α - α' -Dipyridyl with Bivalent Iron.*
By F. M. JAEGER and J. A. VAN DIJK.

(Communicated at the meeting of May 26, 1934).

§ 1. If to a solution of 2.76 g. crystallized ferrosulphate in water an alcoholic solution of 1.56 g. of α - α' -dipyridyl is added and the mixture evaporated on the waterbath, a dark red residu is formed, which can be dissolved in boiling methylalcohol. On slow evaporation at roomtemperature, after the small quantity of ferric hydroxide formed is removed, three fractions are obtained on fractional crystallization: 1. a dull dark stone-red salt, containing 17,35 % Fe; 29,59 % SO_4 ; 7,59 % N (= 42,3 % dipyridyl) and 11,76 % H_2O (7,16 % at 95° C.). The salt contains a small quantity of FeSO_4 , 7 aq. and, therefore, too little dipyridyl. 2. A dark red product, containing 16,07 % Fe; 27,36 % SO_4 ; 42,7 % dipyridyl and 13,14 % H_2O (10,63 % at 95° C.); it contains somewhat too much dipyridyl and water. 3. A greenish black, sparely soluble or almost insoluble finely crystallized product, which also was obtained in the following experiment and which contains 15,94 % Fe; 27,65 % SO_4 ; 7,67 % N (= 42,8 % dipyridyl) and 13,6 % H_2O (1,54 % at 95° C.); it contains somewhat too little dipyridyl. While the red salts 1 and 2 are readily soluble in alcohol and in water, the latter salt is almost insoluble in both solvents.

As evidently hydrolysis plays an important role in the process, the experiment was repeated with a very strong solution of ferrous sulphate and a large excess of methylalcohol. Four fractions were isolated: 1. A dark red product, with 16,73 % Fe; 28,7 % SO_4 ; 42,1 % dipyridyl; and 12,47 % H_2O (9,92 % at 95° C.) 2. A dark red product from the mother-liquor, containing 14,0 % Fe; 23,89 % SO_4 ; 49,8 % dipyridyl and 12,3 % H_2O (all the water is removed at 95° C.). 3. A dark red product, precipitated by means of ether, with about 15 % Fe; 25,60 % SO_4 ; 49,7 % dipyridyl and 9,7 % H_2O . 4. The greenish black, insoluble, product already mentioned, having the composition indicated above.

These experiments clearly show, that salts of a perfectly constant composition are not obtained in this way: the red salts contain 2—2,5 mol. water, which for the greater part is only loosely bound; they correspond

to the formula: $\left\{ \text{Fe}^{(\text{Dip})} (\text{SO}_4) \right\} + 2 \text{ à } 2,5 \text{ H}_2\text{O}$. The insoluble, greenish-black

product, however, most probably has the composition: $\left\{ \text{Fe}^{(\text{Dip})} (\text{H}_2\text{O})_2 \right\} (\text{SO}_4) + 0,5 \text{ H}_2\text{O}$; for the water is much more strongly bound and the insolubility of the product in alcohol is also in agreement with composition

indicated. In the same way the solubility of the red salts in alcohol is certainly connected with the fact, that most probably these red salts are no electrolytes, although by a continuous contact with water, they prove gradually to become hydrolysed and to be decomposed.

§ 2. Now three other experiments were started, in which 2,78 g. crystallized and finely powdered ferrous sulphate were mixed with 1,56 g., 3,12 g and 4,68 g. *dipyridyl* respectively. The mixtures were carefully heated, till the base was completely melted and then the red masses thus obtained were extracted with boiling alcohol. In all three cases a residu of ferric hydroxide was left; its weight was determined and then so much ferrous sulphate was in each case added to the solutions, as would correspond to the quantities of the hydroxide stated. The first product (1:1) was violet-brownish till brownish-red; the other two (1:2) and (1:3) were dark red. Afterwards the three products were, at room-temperature, washed with ether, with the purpose of removing some free dipyridyl still present, and the solutions then were evaporated in a vacuum-exsiccator at roomtemperature. Analysis yielded the following results: I. 13,76 % Fe; 30,09 % SO_4 ; 7,27 % N (= 40,5 % *dipyridyl*) and 15,66 % H_2O ; II. 9,62 % Fe; 22,45 % SO_4 ; 9,90 % N (= 55,1 % *dipyridyl*) and 12,83 % H_2O ; III. 7,66 % Fe; 18,46 % SO_4 ; 11,05 % N (= 61,54 % *dipyridyl*) and 12,34 % H_2O . Although the proportions: Fe: (Dip) here are: 1:1, 1:2 and 1:3 respectively, all three salts prove to contain a considerable excess of sulphuric acid. Evidently the sulphuric acid is, by hydrolysis, liberated from the ferrous sulphate, — so that ferric hydroxide is deposited, — and this acid then seems to react with the complex salt formed. The foregoing experiments sufficiently prove the existence of *mono*-, *di*- and *tridipyridyl*-salts of bivalent iron; but evidently these salts may all partially be decomposed by the action of the water, especially on heating their solutions. Moreover, the dry *di*- and *tri*-dipyridyl-salts, if heated at 100° C., prove alto to loose some *dipyridyl*. The compositions of the pure salts evidently are: a *mono*-dipyridylsalt (probably with 3 H_2O); then the salts: $\left\{ \begin{matrix} \text{Fe} (\text{Dip})_2 \\ \text{SO}_4 \end{matrix} \right\} + 4 \text{H}_2\text{O}$, and $\{ \text{Fe} (\text{Dip})_3 \} \text{SO}_4 + 5 \text{H}_2\text{O}$. But it must be remarked, that the *di*-dipyridyl-salt eventually may appear to be an equivalent mixture of the *mono*- and *tri*-dipyridyl-salts. The excess of SO_4 in all three cases proves to be about 0,062 equivalents, i.e. proportional to their contents of H_2O (1/3 equiv. for the *mono* 1/4 for the *di*- and 1/5 for the *tridipyridyl*salt); evidently 1 H_2O is in all these salts substituted by 1 H_2SO_4 .

§ 3. The sulphates with 1, 2 and 3 equivalents of *dipyridyl* now were treated with the calculated quantities of $\text{BaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ and of $\text{Ba} (\text{OH}_2 + 8 \text{H}_2\text{O})$, so that their excess of sulphuric acid could be caught by the latter and they thus were converted into the corresponding *chlorides*.

The filtered solutions then were evaporated at 15° C. in a vacuum. In the case of the salts with 2 and 3 equivalents of *dipyridyl*, the barium-sulphate filtered-off, proved to be coloured by admixed ferric hydroxide: in both cases, therefore, the filtered solutions certainly must contain an excess of the base. However, from all three solutions apparently the same dark red, brilliant plates were deposited, besides some *dipyridyl*. From the solution with 1 equiv. *dipyridyl* a salt was obtained, which gave: 8,46 % Fe; 10,81 % Cl; 11,22 % N (= 62,5 % *dipyridyl*) and 19,23 % H₂O. This analysis proves, that predominantly the *tridipyridyl*-salt: {Fe(Dip)₃} Cl₂ + 7 H₂O is present, in the complex ion of which, however, 0,36 equivalents of *dipyridyl* are substituted by 0,72 mol. H₂O. From the other solutions the *pure tri-dipyridyl*salt: {Fe(Dip)₃} Cl₂ + 7 H₂O was obtained in brilliant, dark red, hexagonally-shaped tables, which, on analysis, yielded: 7,70 % Fe; 9,89 % Cl; 11,49 % N (= 64,0 % *dipyridyl* and 18,40 % H₂O).

They are *rhombic-bipyramidal*, with the axial ratio: $a : b : c = 0,8886 : 1 : 0,7717$ (Fig. 1).

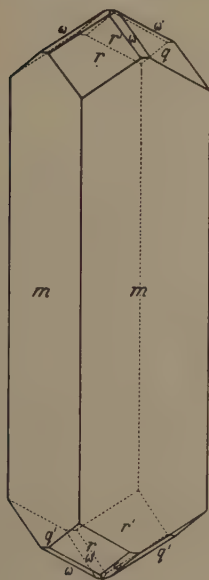


Fig. 1. *Tri-dipyridyl-Ferrochloride*

Forms observed : $m = \{110\}$, broad and very lustrous; $r = \{101\}$ and $q = \{011\}$, about equally well developed and giving good reflections; $\omega = \{112\}$, narrow and moderately well reflecting. The habitus is flattened parallel to two faces of $\{110\}$, with an elongation in the direction of the *c*-axis.

Angular values:	Measured:	Calculated:
$m : m = (110) : (\bar{1}\bar{1}0) =$	$83^\circ 14\frac{1}{2}'$	—
$m : r = (110) : (101) =$	$60 \quad 39$	—
$r : q = (101) : (011) =$	$53 \quad 12\frac{1}{2}$	$53^\circ 17\frac{1}{2}'$
$q : m = (011) : (\bar{1}\bar{1}0) =$	$66 \quad 6\frac{1}{2}$	$66 \quad 3\frac{1}{2}$
$r : \omega = (101) : (112) =$	$26 \quad 36\frac{1}{2}$	$26 \quad 39$

The crystals are only feebly dichroitic.

The products in which the *dipyridyl* is partially substituted by watermolecules, proved to have the same crystalforms; so that, evidently this substitution leads to salts which are completely isomorphous with the *pure tridipyridyl*salt.

The complex chlorides mentioned also were prepared, starting from ferrous chloride itself and adding 1, 2 or 3 equivalents of the base. In all these reactions the same products were obtained, as already described; only a *tridipyridyl*-salt (+ 7 H₂O) and, — in the case when 1 equivalent *dipyridyl* was added, — the compound (+ 6 H₂O), in which 0,36 mol. *dipyridyl* of the *tridipyridyl*-ferro-ion were substituted by 0,72 mol. H₂O. In the case of the *chloride*, therefore, evidently only the *tridipyridyl*-salt, in a more or less hydrolysed form, seems to exist, — in contrast with

what was stated in the case of the *sulphates*. An analogous dependance of the type of complex salts formed on the nature of the anion, as stated in the case of the ferrous salts, is, as we soon will see, also found with the corresponding salts of bivalent copper.

*Groningen, Laboratory for Inorganic and
Physical Chemistry of the University.*

Botany. — *Pankreas-, Speichel- und Aspergillusamylase (Taka-Diastase) als Gemisch zweier Arten von Amylasen.* Von G. GIESBERGER.
(Communicated by Prof. F. A. F. C. WENT.)

(Communicated at the meeting of May 26, 1934).

H. P. WIJSMAN (12, 13) hat im Jahre 1889 zuerst die Existenz zweier Amylasen im Malz nachgewiesen. Er benutzte dazu eine Methode zur Trennung eines Gemisches von zwei Stoffen durch Diffusion in Gelatine-Gel.

Wenn man auf eine stärkehaltige Gelatineplatte einen Tropfen Malz-extrakt bringt, so diffundiert von dort aus die Amylase in die Gelatine und greift die Stärke an; und wenn man dann nach einer Diffusion von etwa zwei Tagen im Eisschrank die Stärke-Gelatineplatte mit einer verdünnten Lösung von Jodjodkalium behandelt, zeigt sich auf blauem Grund ein rundes Diffusionsfeld, das aus einem farblosen Zentrum besteht, welches von einem purpurnen Ringe umgeben ist.

WIJSMAN zog hieraus den Schluss, dasz sich im Malzextrakt zwei „Diastasen“ befinden müssen, welche mit verschiedener Geschwindigkeit in die Gelatine hinein diffundieren. Der purpurne Ring gibt dasjenige Gebiet an, wo nur das Enzym, welches am schnellsten in die Gelatine hinein diffundiert, auf die Stärke eingewirkt hat; wenn man nämlich aus einem nicht mit Jod behandelten Ringe ein Stück herausnimmt und dieses wieder auf eine Stärke-Gelatineplatte legt, bekommt man nur ein purpurnes Diffusionsfeld ohne farbloses Zentrum.

Mit Hilfe dieser Methode hat WIJSMAN die Eigenschaften der beiden Amylasen untersucht. Das Enzym des Ringes, die „Maltase“ (dasjenige Enzym, das wir heute im Sinne KUHN's β -Malzamyrase nennen) wird durch Erhitzung zerstört. Er konnte infolgedessen die „Dextrinase“ (α -Malzamyrase) durch 10 minutenlanges auf 70° C. Erhitzen herstellen. Auch durch Behandlung mit verdünnter Säure und durch fraktionnierte Alkohol-fällung konnte er die beiden Amylasen teilweise voneinander trennen. Sehr wichtig war seine Entdeckung, dasz die beiden Amylasen im Gerstenkorn an verschiedenen Stellen lokalisiert sind. Das mehliges Endosperm enthält nur β -Amylase, es war ihm daher möglich, die β -Amylase gesondert herzustellen, wobei er von geschälter Gerste ausging.

Leider haben die späteren Forscher die WIJSMANSche Arbeit nahezu nicht berücksichtigt, sodass viele Tatsachen, welche WIJSMAN schon beobachtet hatte, von neuem wiedergefunden wurden, wobei der Zusammenhang zwischen diesen Tatsachen teilweise verloren gegangen ist.

E. OHLSSON (5, 6) trennte 1926 die beiden Malzamyaschen durch Erhitzung und Säurebehandlung und nannte sie „Dextrinogen-“ und „Saccharogen-amylase“.

R. KUHN (4) teilte nach ihrer Wirkungsweise die Amylasen in zwei Gruppen ein: α -Amylasen, welche aus Stärke α -Maltose, und β -Amylasen, welche aus Stärke β -Maltose bilden. Pankreas- und Aspergillusamylase gehörten zu den α -Amylasen, Malzamyase würde eine β -Amylase sein. E. OHLSSON wies später nach, dass die „Saccharogen-amylase“ eine β -Amylase ist, „Dextrinogen-amylase“ eine α -Amylase.

E. WALDSCHMIDT—LEITZ, M. REICHEL und A. PURR (9. 10. 11) trennten die beiden Malzamyaschen mittels Adsorption, und wiesen die Existenz einer „Amylokinase“ nach, welche die α - und β -Amylase aktiviert, und welche in ruhenden Samen nicht vorkommt.

G. A. VAN KLINKENBERG (1, 2, 3) ging von der WIJSMANSchen Arbeit aus und hat die beiden Malzamyaschen gesondert hergestellt in gleicher Weise wie WIJSMAN. Die α -Amylase hydrolysiert Stärke leicht bis zu 36 % Hydrolyse unter raschem Verschwinden der Jodreaktion, wonach die weitere Spaltung sehr langsam verläuft. Die β -Amylase spaltet Stärke unabhängig von der Enzymkonzentration maximal bis zu 64 %, wobei die Jodreaktion erhalten bleibt. In Verband mit der Übereinstimmung zwischen diesen Zahlen und den Prozentsätzen der α - und β -Formen, welche in Gleichgewichtsmischungen von α - und β -Glukose und von α - und β -Maltose enthalten sind, meint VAN KLINKENBERG, dass auch Stärke zu 36 % aus einer α -Komponente und zu 64 % aus einer β -Komponente besteht, wobei die α -Komponente von α -Amylase und die β -Komponente von β -Amylase angegriffen werden sollte.

Da R. KUHN für Pankreasamylase die Natur einer α -Amylase nachgewiesen hatte und Speichelamylase auf Stärke-Gelatine nur ein farbloses Diffusionsfeld zeigte, nimmt VAN KLINKENBERG an, dass im Tierkörper nur α -Amylasen bei der Synthese von Stärke wirksam sein könnten, und also auch nur α -Stärke gebildet werden könnte. Glykogen würde also die α -Komponente der Stärke sein. In Übereinstimmung damit fand er, dass Glykogen (sowie das Restprodukt der Wirkung von β -Amylase auf Stärke) von α -Amylase gut und von β -Amylase sehr wenig angegriffen wird.

Allerdings konnte VAN KLINKENBERG durch eine zweite kurze Erhitzung der α -Malzamyase eine Aktivierung oder Aufhebung der Hemmung erreichen, wodurch die Stärke bis zu 78,5 % hydrolysiert wurde.

Versuche.

Zuerst habe ich die Abbaugrenze der beiden Malzamyaschen be-

TABELLEN I—VIII.

 α -Malzamyilasewirkung auf lösliche Stärke.

Angewandt: 50 ccm 2 $\frac{0}{0}$ ige Stärkelösung, 50 ccm n/10-Citratgemisch, p_H 5.70, 5 ccm Enzymlösung 1/1000 (Konzentration 1) in 200 ccm Gesamtvolumen. Bestimmungsprobe 25 ccm. t : Zeit in Stunden, $\frac{0}{0}$: Maltose in $\frac{0}{0}$ der Theorie.

I. (Konz. 1)		II. (Konz. 2)		III. (Konz. 5)		IV. (Konz. 10)		V. (Konz. 12 $\frac{1}{2}$)		VI. (Konz. 25)		VII. (Konz. 37 $\frac{1}{2}$)		VIII. (Konz. 37 $\frac{1}{2}$)	
t	$\frac{0}{0}$	t	$\frac{0}{0}$	t	$\frac{0}{0}$	t	$\frac{0}{0}$	t	$\frac{0}{0}$	t	$\frac{0}{0}$	t	$\frac{0}{0}$	t	$\frac{0}{0}$
$\frac{1}{2}$	3.2	$\frac{1}{2}$	5.8	$\frac{1}{2}$	12.4	$\frac{1}{2}$	21.6	$\frac{1}{4}$	14.9	$\frac{1}{4}$	24.2	$\frac{1}{4}$	27.8	$\frac{1}{4}$	21.8
1	3.6	1	7.6	1	16.3	1	26.4	$\frac{1}{2}$	22.9	$\frac{1}{2}$	31.7	$\frac{1}{2}$	33.7	$\frac{1}{2}$	28.2
$1\frac{1}{2}$	4.0	$1\frac{1}{2}$	8.1	$1\frac{1}{2}$	17.7	$1\frac{1}{2}$	27.1	1	29.2	1	34.9	1	37.0	1	32.8
2	4.1	2	8.1	2	18.2	2	26.9	$1\frac{1}{2}$	30.7	$1\frac{1}{2}$	36.2	$1\frac{1}{2}$	37.8	$1\frac{1}{2}$	33.6
$2\frac{1}{2}$	4.0	$2\frac{1}{2}$	8.1	24	18.6	$2\frac{1}{2}$	27.1	2	31.5	2	37.0	2	37.6	2	34.3
$27\frac{1}{2}$	4.2	24	9.0			25	27.1	$2\frac{1}{2}$	32.1	$2\frac{1}{2}$	38.0	$2\frac{1}{2}$	39.3	$2\frac{1}{2}$	34.6
								45	32.3	31	40.9	27	42.2	24	35.1

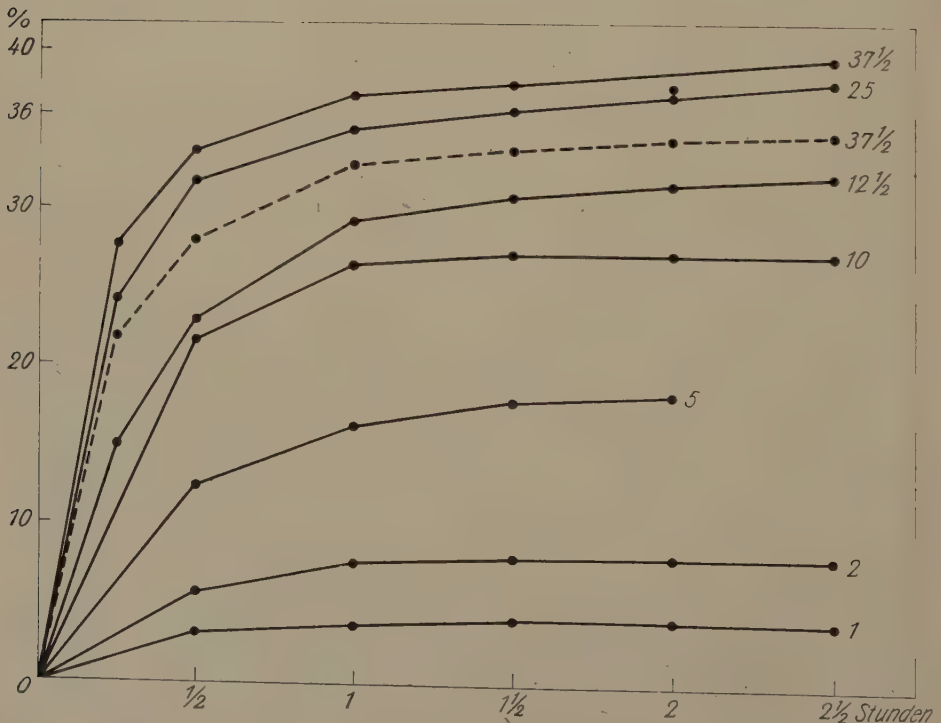


Fig. 1. Abbaugrenze von Stärke bei Einwirkung von α -Malzamyllase. Ordinate: $\frac{0}{0}$ Umsatz. Abszisse: Versuchsdauer in Stunden. Zahlen neben den Kurven: Konzentration der zugesetzten Enzymlösung.

stimmt. Die Herstellung meiner Enzympräparate geschah auf die von VAN KLINKENBERG angegebene Weise. Als Substrat verwandte ich lösliche Stärke, der Prozentgehalt der Stärkelösung wurde durch Hydrolyse mittels Salzsäure in der Weise, wie von VAN KLINKENBERG beschrieben wurde, bestimmt. Als Puffergemisch wurde gewählt Citratgemisch; die Maltosebestimmung geschah nach N. SCHOORL (7). Die Versuche wurden ausgeführt in einem Thermostaten bei 40° C. Ich bezeichnete in Übereinstimmung mit VAN KLINKENBERG eine Enzymlösung, welche durch Auflösung von 100 mg. meines Enzympräparates in 100 gr. dest. Wasser hergestellt wurde als „Enzymlösung $1/_{1000}$ “.

Für die α -Malzamylase habe ich nahezu ganz die Ergebnisse VAN KLINKENBERG's bestätigen können. Aus der Fig. 1. und den Tab. I—VIII geht hervor, dass bei 36 % eine starke Hemmung auftritt, wonach die Spaltung sehr langsam bis zu etwa 40 % weiter schreitet. Nur ist es mir nicht gelungen, eine weitere Hydrolyse durch eine zweite kurze Erhitzung meiner Enzymlösung auf 70° C. zu erreichen (Tab. VIII, Fig. 1. gestrichelte Kurve).

Die Abbaugrenze der β -Malzamylase habe ich leider nur bei sehr schwachen Enzymkonzentrationen bestimmen können, weil mein Enzympräparat verloren gegangen war und ich keine Zeit mehr hatte ein neues Präparat herzustellen. Wie sich aus den Tab. IX und X zeigt, schreitet die Hydrolyse langsam weiter bis zu etwa 60 %; die Abbaugrenze 64 %

TABELLEN IX und X.

β -Malzamylasewirkung auf lösliche Stärke.

Angewandt: 25 ccm 2 ‰ige Stärkelösung, 25 ccm *n*/10-Citratgemisch, p_H 5.00, 5 ccm Enzymlösung $1/_{3000}$ (Konzentration 1) in 100 ccm Gesamtvolumen. Bestimmungssprobe 10 ccm. *t*: Zeit in Stunden, ‰: Maltose in ‰ der Theorie.

IX. (Konz. 1)		X. (Konz. 1, 6)	
<i>t</i>	‰	<i>t</i>	‰
1	1.0	1	6.1
4½	13.8	4½	19.0
6½	16.1	6½	27.3
10½	25.3	10½	37.7
24	35.2	24	52.6
48	46.5	48	57.8
73	51.5	73	59.9
96	53.0	96	59.5
120	52.5	120	60.4

von VAN KLINKENBERG habe ich also nicht erreichen können, vielleicht ist die Ursache in kolloidchemischen Erscheinungen der Stärkelösung und in den sehr schwachen Enzymkonzentrationen zu suchen.

H. J. VONK und J. P. BRAAK (8) wiesen 1934 für Speichel- (Mensch) und Pankreasamylase nach, dass hier eine Hemmung der Stärkespaltung bei 36 % gar nicht in Betracht kommt. Für Speichelamylase fanden sie eine Spaltung bis zu 79 %, für Pankreasamylase bis zu 54 %. Diese Ergebnisse widersprechen also den Schlussfolgerungen VAN KLINKENBERG's, dass α -Amylasen nur die α -Form der Stärke angreifen sollten.

Ich habe die Ergebnisse VONK's und BRAAK's für Speichelamylase bestätigen können, allerdings habe ich stärkere Enzymkonzentrationen verwandt, sodass die Stärke sogar bis zu 95 % hydrolysiert wurde (Tab. XI—XIII). In Speichel kommt etwas Maltase vor, in den hier angewandten Konzentrationen und Versuchszeiten kann man sie aber ruhig vernachlässigen.

TABELLEN XI—XIII.

Speichelamylasewirkung auf lösliche Stärke.

Angewandt: 25 ccm 2 %ige Stärkelösung, 25 ccm *n*/10-Citratgemisch, p_H 6.40, 5 ccm Enzymlösung (Konzentration 1) in 100 ccm Gesamtvolumen. Bestimmungsprobe 10 ccm. *t*: Zeit in Stunden, %: Maltose in % der Theorie.

XI. (Konz. 1)		XII. (Konz. 1.8)		XIII. (Konz. 5)	
<i>t</i>	%	<i>t</i>	%	<i>t</i>	%
1/4	61.0	1/2	68.7	1/4	71.6
1/2	65.0	1	70.1	1/2	74.0
1	65.4	1 1/2	72.5	1	78.1
1 1/2	68.8	2	72.5	1 1/2	80.8
2	69.6	24	88.3	19	95.3
24	75.7				

Auch bei Taka-Diastase (Aspergillusamylase) geht die Stärkespaltung weit über 36 % hinaus.

Diffusionsversuche zeigten aber, dass sowohl Speichel- (Mensch), als Aspergillus- und Pankreasamylase ein Gemisch zweier Arten von Amylasen sind.

Dass VAN KLINKENBERG dieses nicht für Speichelamylase hat feststellen können, ist vermutlich in der Tatsache zu suchen, dass hier der purpurne Ring im Vergleich zum farblosen Zentrum äusserst schmal ist. Wenn man aber die Diffusion während genügend langer Zeit stattfinden lässt und dann vorsichtig Jodjodkalium hinzufügt, zeigt sich deutlich ein scharf begrenzter purpurner Ring.

Auch bei Pankreasamylase (verwandt wurde Pankreatin Merck) ist der

purpurne Ring sehr schmal. Die Fig. 2. zeigt eine Photographie einiger Diffusionsfelder von Speichel- und Pankreasamylase.

Taka-Diastase zeigt dahingegen einen sehr breiten Ring. Dasz in diesem Ring wirklich nur ein Enzym anwesend ist, lässt sich beweisen, indem man aus einem nicht mit Jod behandelten Ringe ein Stück herausnimmt und dieses wieder auf eine Stärke-Gelatineplatte bringt. Man bekommt dann nur ein purpurnes Diffusionsfeld.

Dasz man hier ebenso wie bei den Malzamylosen mit einer α - und β -Amylase im Sinne KUHN's zu tun hat, ist wohl sehr wahrscheinlich;

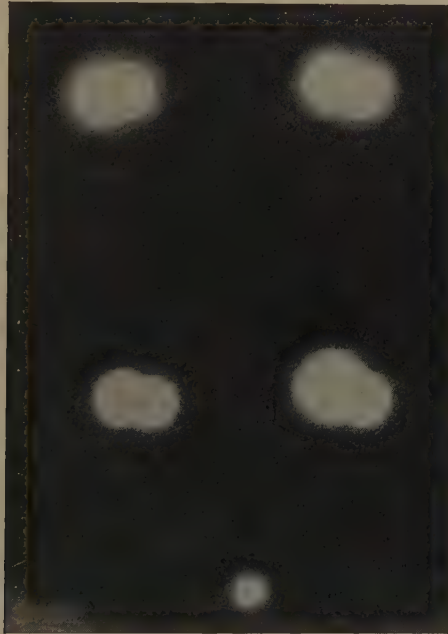


Fig 2. Oben: zwei Diffusionsfelder von Pankreasamylase. Unten: drei Diffusionsfelder von Speichelamylase. Diffusion während drei Tage im Eisschrank.

bewiesen wird dies nur können, wenn man die verschiedenen Amylasen gesondert hergestellt hat. Jedenfalls braucht die Tatsache, dasz die Stärkespaltung durch Speichel-, Pankreas- und Aspergillusamylase viel weiter als 36 % geht, also noch nicht gegen die Theorie VAN KLINKENBERG's zu sprechen. Dasz Glykogen die α -Form der Stärke sei, ist jetzt aber wohl sehr zweifelhaft geworden.

Hoffentlich werden diese Ergebnisse die Veranlassung für andere Forscher sein die verschiedenen Amylasen gesondert herzustellen und nochmals für diese Amylasen die Theorie VAN KLINKENBERG's zu prüfen.

Ich möchte an dieser Stelle auch Herrn Professor Dr. F. A. F. C. WENT meinen herzlichen Dank aussprechen für die wertvollen Ratschläge, welche

er mir getan hat, und Fräulein Dr. G. VON UBISCH für die lebenswürdige Weise, womit sie die Korrektur dieser Arbeit auf sich genommen hat.

ZITIERTE LITERATUR.

1. KLINKENBERG, G. A. VAN, (1931) Diss. Utrecht.
2. ————— (1932) Zs. f. Physiol. Ch. **209**, 253.
3. ————— (1932) Zs. f. Physiol. Ch. **212**, 173.
4. KUHN, R., (1924) Ber. d. Chem. Ges. **57**, 1965.
5. OHLSSON, E., (1926) C. R. Lab. Carlsberg **16**, 7.
6. ————— (1930) Z. f. Physiol. Ch. **189**, 17.
7. SCHOORL, N., (1912) Chem. Weekbl. **9**, 678.
8. VONK, H. J. und BRAAK, J. P., (1934) Proc. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, **37**, 188.
9. WALDSCHMIDT—LEITZ, E. und PURR, A., (1931) Zs. f. Physiol. Ch. **203**, 117.
10. ————— (1932) Ebenda **213**, 63.
11. ————— und REICHEL, M., (1932), Naturw. **20**, 254.
12. WIJSMAN, H. P., (1889) Diss. Amsterdam.
13. ————— (1890) Rec. Trav. Chim. Pays Bas **9**, 1.

Botanisch Laboratorium.

Utrecht, April 1934.

Anatomy. — *The electric organ and its centres in Torpedo marmorata.*
By C. STUART and C. J. KAMP. (Communicated by Prof. C. U.
ARIËNS KAPPERS).

(Communicated at the meeting of May 26, 1934).

In *Torpedo*, of the family of the Raiidae, the greater part of the body is occupied by the electric organs, which kidney-shaped on either side enclose the head and branchial region. Each organ consists of a number of mostly pentahedral, sometimes tetrahedral, rarely hexahedral prisms (= columns) with a dorsoventral longitudinal axis, which take up the whole thickness of the organ. There are 140—1000 prisms in one organ, the number differing according to individual and species. On the surface the septa, which separate the prisms from each other, are clearly perceptible through the skin.

Each prism is composed of a series of parallel plates arranged perpendicularly to the longitudinal axis of the prism. According to some investigators these plates are dorsally curved, but this should probably be regarded as an artificial product.

By means of tweezers the plates are very easily separated, which points to very loose intermediate tissue.

On either side four cranial nerves pass ventrally out of the lobus electricus, run between the branchial arches to the electric organ to branch there among the prisms.

Microscopic structure. As the organ is very soft, it is unavoidable that in making the microscopic preparations it is considerably deformed, so that all plates seem to be curved. In one section, therefore, both surface and cross-section may be observed. In each plate we distinguish a dorsal electric part and a ventral nervous part.

The *dorsal part* is composed of 1. A coarse network, the trabecles of which are covered on the ventral side with small rods, which partly are fixed to the net at both ends, partly have one free ending. The rods are mostly isolated, but sometimes they form groups of three or four with fused bases, so that radiating figures arise. Each rod has two small endbulbs, differing in colouring from the rest of the rods. Where the rods are fused the endbulb is wanting. (Fig. 1).

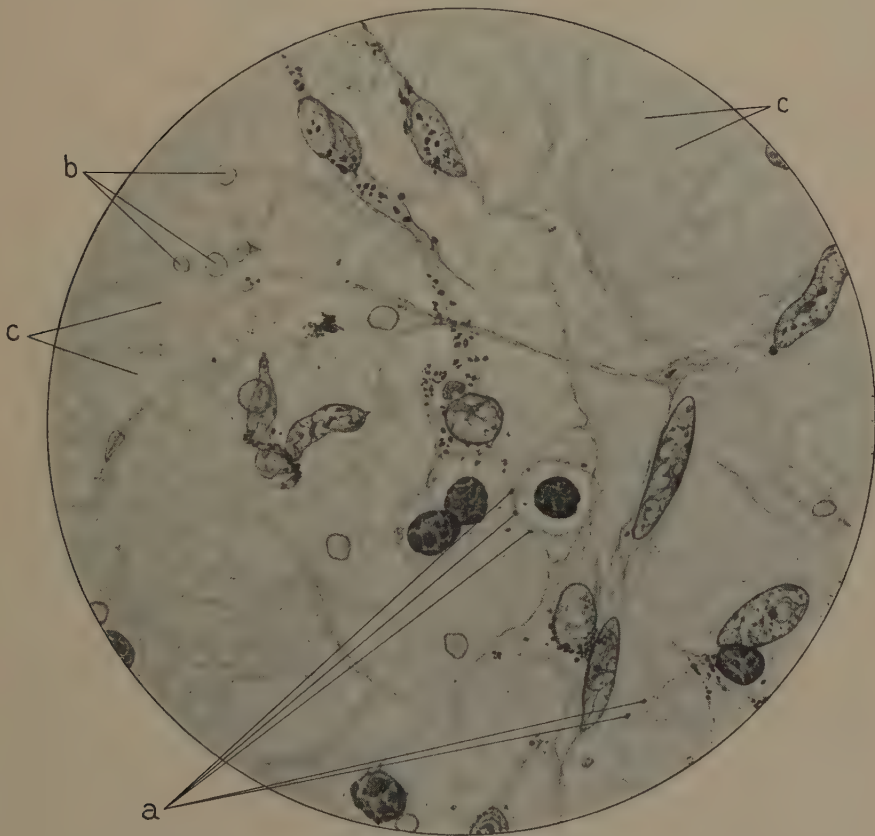


Fig. 1. Longitudinal section of the electric plate of *Torpedo marmorata*.
a: rods. b: vesicles. c: network with rods.

2. The tissue in the meshes of the net is built up of a more delicate network, consisting of fine grains, connected by very thin filaments. In case of imperfect staining only the grains are visible. (Fig. 1).

3. Independent of the networks: nuclei of varying size, shape and staining capacity, viz.: *a.* Large, light nuclei, few in number. *b.* Smaller nuclei with a more distinct chromatin-structure, readily staining, round, oval or pear-shaped; some with pseudopodium-like projections (amoeboid movements?) *c.* Still smaller, very dark pycnotic nuclei. (Fig. 1).

4. In the meshes of the rod-network vesicles are situated, greatly varying in size, but all of them smaller than the nuclei. The smallest are round, the larger ones round or somewhat irregular in form. They consist of a clear structureless centre and are bordered by a more or less pronounced dark line. Frequently they lie in rows. These vesicles are probably identical with the interstitial grains described by BALLOWITZ. (Fig. 1).

5. According to BALLOWITZ there is yet a third network in the most ventral part of the layer with interstitial grains. This we could not see, nor has it ever been confirmed by others. Concerning *the ventral or nervous part* there is still some difference of opinion about the nerve terminals, whether the terminal nerves either form an anastomosing net (the so-called KÖLLIKER's terminal net) or end freely. To this we may say that, although knowledge of the electrophysiology of the nerve requires the existence of free endings for the transfer of the stimulus to the effector organ, there are also anastomoses following the trabecles of the rod-network.

The punctuation described by BOLL in 1874 is based upon the cross-section of the rods or their endbulbs and consequently also follows the nerve-net, as BOLL pointed out.

Innervation of the electric organ.

Each organ derives its nerve-supply from four electric nerves, which, issuing ventrally from the lobus electricus, first run below the dorsal muscles, then among and in front of the gills and thus reach the organ. In the organ they pass between the prisms to the ventral side of each plate, branching dichotomously.

The lobus electricus is situated as a bean-like organ on either side, dorsal to the medulla oblongata. It extends caudally from the upper part of the spinal cord, above the first spinal root, cranially to the anterior VII nucleus. It is composed of large multipolar ganglion-cells with fibrillar structure. (Fig. 2).

The anterior electric nerve emerges through the VII, the three following through the IX and X resp. According to the investigations of MUSKENS they are to be regarded as two vagus branches, one glossopharyngeus and one facialis branch.

In the preparations we clearly observe connections between the lobus electricus and the other dorsal VII, IX and X nuclei. Also between the two lobi mutually connections occur in various places. When the n.n.

electrici are cut on one side, all cells of the equilateral lobus electricus equally degenerate.

Concerning the three distal cranial nerves innervating this organ it was generally admitted that they represent one glossopharyngeus and two

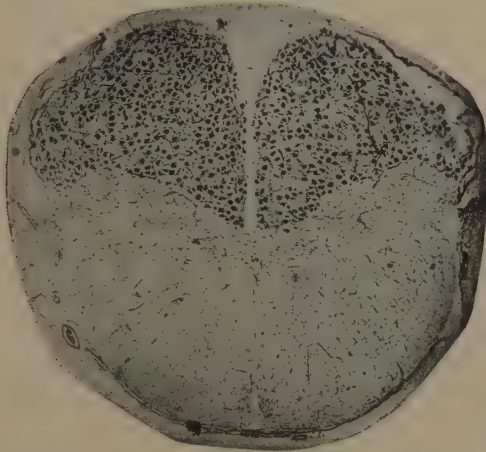


Fig. 2. Transverse section of the lobus electricus of *Torpedo marmorata*.

vagus branches, which agrees with the fact that the m.constrictor superficialis of the branchial pouch of the embryo furnishes the material for the electric organ. About the first electric nerve, however, there has long been some doubt. It has been taken either for a branch of the trigeminus (VALENTIN) or the facialis (STANNIUS). In 1893 MUSKENS, examining the ontogeny of *Torpedo*, and more particularly the first period, in which *Torpedo* shows great resemblance to *Raia*, arrived at the conclusion that the electric organ in *Torpedo* develops ontogenetically out of four metamerer of the musculature of the branchial arches.

The electric nerves may then be regarded as branches of facialis, glossopharyngeus and vagus (which in the common ray enclose the branchial clefts from behind) as was confirmed by KAPPERS (1910, Verhand. K. A. W., Deel 16).

As pointed out by BABUCHIN, FRITSCH and EWART the electric organs of the Torpedinae and Raiidae are metamorphosed muscular tissue. The ontogenetic development of *Torpedo* affords little insight into the origin of the electric organ, since the transformation already takes place in the earliest embryonic period, when embryonic muscle fibrils not yet occur. We see merely fusiform, uninuclear cells, in which no distinct transverse striation is visible and from which the embryonic electric plates originate by means of nuclear division, as was already stated by KRAUSE in 1887.

A greater success was obtained by the investigation of the pseudo-electric organs of the Raiidae, of which *Raia radiata*, *Raia circularis* and *Raia batis* have been examined by EWART. He distinguished various layers in an electric element:

1. The anterior part, a nucleated protoplasmatic layer containing the nerve-net with the finest offshoots.
2. A lamellar layer which only in *Raia radiata* contains nuclei.

3. The posterior part consists of a nucleated protoplasmatic zone. The remainder of the compartment is filled up with mucous tissue. The whole compartment is enclosed by a connective-tissue capsule, while thick fibrous septa separate the rows of compartments. *Raia radiata* has the most primitive electric organ, which viz. consists of muscle fibres, proximally swollen; these swellings are indented in front and in these indentations the nerves enter. In *Raia circularis* the knob-shaped swelling has become cup-shaped, while at the same time the width of an electric compartment has increased.

Raia batis has the most highly differentiated organ of the Raiidae examined by EWART. There the cup-shape has already changed into compartment-shape, owing to an enlargement of the diameter in all directions. At the posterior side protoplasmatic offshoots arise as papillae. Ontogenetically the organ of *Raia batis* passes the cupshaped stage and, growing in transverse direction, assumes the compartment-shape.

In *Raia clavata* MUSKENS found the compartments to be arranged in 3—5 layers concentrically round the longitudinal axis of the organ. Whereas the blood-capillaries enter at the posterior side, the nerves are fused, branching dichotomously and forming a network with the anterior layer of the electric element, losing their medullary sheaths close to the end-apparatus. Between the anterior and posterior protoplasmatic layer, which laterally communicate, a nuclei-free lamellar layer is situated, the lamellae of which have an undulating course, sometimes disappearing into the surrounding protoplasm, and in which no trace of anisotropy is to be discovered. At the posterior side the papillae have rapidly multiplied and form many anastomoses. In the *embryos* of *Raia clavata* cross-striated muscle fibres may be found with a swollen and indented ending. The nuclei gradually move to the poles, the nerve-entrance to the indentation of the swelling, in the centre of which the transverse striation remains most conspicuous. At the posterior pole, owing to accumulation of protoplasm, the fastening of the muscular fibre comes to be situated in a hole, surrounded as it were by a wall of protoplasm. These are the forerunners of the papillae. In the course of development the protoplasmatic parts of the plate multiply in transverse direction, nuclear division is to be seen and the papillae, too, grow and afterwards become fused.

If now *Raia radiata* is compared with *Raia clavata* the following strikes us as the result of further development:

1. In a given space there are more electric elements (owing to the transformation of convex plates into flat ones).
2. In consequence of the lateral outgrowth there are far more points which at discharge may become electronegative.
3. The posterior protoplasmatic layer has got far more and more complex papillae, the reason of which is unknown.

MUSKENS explains the loss of the double refractive substance by the needlessness of the contraction, while on the other hand the action current has largely increased. As stated elsewhere¹⁾ the electric shock is not identical with the action current. The intermediate layer would then be the remnant of the anisotropic substance, viz. either the anisotropic Q disc or the Z disc.

That this cannot be solved is a consequence of the development of the striated muscle fiber into the electric plate. For this can only be imagined either by shortening of the muscle fibre in fronto-caudal direction — in which case one consequently cannot speak of an anisotropic part in the centre — or by displacing of all the isotropic substance to the centre.

¹⁾ Psychiatrische en Neurologische Bladen, June 1934.

In the latter case it is of course no more possible to speak of Q or Z discs, at best of Q plus Z discs.

For the first opinion pleads the distribution of potassium in stripes (probably the anisotropic Q disc) in the inner layer of the plate in *Raia clavata*, as demonstrated by WOERDEMAN.

LITERATURE.

- BABUCHIN, Übersicht der neueren Untersuchungen über Entwicklung, Bau und physiologische Verhältnisse der elektrischen und pseudo-elektrischen Organe. Archiv für Anatomie, Physiologie und Wissensch. Medizin, Jahrg. 1876. (Torpedo, *Raia*, *Mormyri*).
- Die Säulenzahl im elektrischen Organ von *Torpedo marmorata*. Centralbl. für d. medizinischen Wissensch. 1882, No. 48.
- BALLOWITZ: Über das Vorkommen echter peripherer Nervenendnetze. Anatom. Anzeiger Bd. IV, 1893, No. 5 en 6.
- Über den feineren Bau des elektrischen Organs des gewöhnlichen Rochen (*Raia clavata* L.).
- BOLL, FR., Die Struktur der elektrischen Platte von *Torpedo*. Archiv f. mikrosk. Anatomie Bd. X, 1874.
- Neue Untersuchungen über die Struktur der elektrischen Platten von *Torpedo*. Archiv für Anatomie, Physiologie und Wissensch. Medizin, Jahrgang 1876.
- CIACCIO, Observations sur la terminaison des nerfs moteurs dans les muscles striés des torpilles et des raies et sur la ressemblance de la plaque électrique et de la plaque motrice de la torpille. Journal de Micrographie. 1878.
- ENGELMANN, TH. W., Die Blätterschicht der elektrischen Organe von *Raia* in ihren genetischen Beziehungen zur quergestreiften Muskelsubstanz.
- EWALD, A., Über den Modus der Nervenverbreitung im elektrischen Organ von *Torpedo* und die Bedeutung desselben für die Physiologie der Entladung des Organs. Habilitationsschrift, Heidelberg, 1881, Abgedruckt auch in Bd. IV, Heft I der Untersuchungen des physiologischen Instituts der Universität Heidelberg.
- EWART, The electrical organ of the skate. On the development of the electrical organ of *Raia batis*. Philosophical transactions of the Royal society of London for the year 1888, Vol. CLXXIX, London 1889.
- On the structure of the electrical organs of *Raia circularis*, Ibid., p. 410.
- The electrical organ of the Skate. The electrical organ of *Raia radiata*, Ibid. p. 539.
- FRITSCH, G., Bericht über die Fortsetzung der Untersuchungen an elektrischen Fischen. Beiträge zur Embryologie von *Torpedo*, Sitzungsberichte der Königl. Preussischen Akademie der Wissensch. Berlin, Jahrg. 1883, Halbbd.: dasselbe Archiv für Anatomie und Physiologie, Phys. Abth. Jahrg. 1884.
- KÖLLIKER, Untersuchungen zur vergleichenden Gewebelehre I, Über die Endigung der Nerven im elektrischen Organ der Zitterrochen, Verhandlungen der physikalisch-medicin. Gesellschaft in Würzburg, Bd. VIII, 1858.
- KRAUSE, W., Über die Folgen der Resection der elektrischen Nerven des Zitterrochen. Sitzungsber. der königl. Preuss. Akademie der Wissensch. zu Berlin, Jahrg. 1886, dasselbe in Archiv für Anatomie und Physiologie, Jahrg. 1887, Physiol. Abth.
- MUSKENS, Zur Kenntnis der elektrischen Organe. Tijdschrift der Nederl. Dierk. Vereeniging, 2de Serie Deel IV, 1893—94. (*Torpedo*, *Raia*).
- REMAK, Über die Enden der Nerven in elektrischen Organ des Zitterrochen. Archiv für Anatomie Physiol. u. Wissensch. Medizin, Jahrg. 1856.

- SCHULTZE, M., Zur Kenntnis der elektrischen Organe der Fische, II Abth.: Torpedo, Abhandl. der Naturforschenden Gesellsch. zu Halle, Bd. V, 1860.
- STUART, C. and KAMP, C. J., The electric organ and its innervation in *Malapterurus electricus*, Kon. Akad. v. Wetenschappen, Amsterdam, Vol. 37, No. 2, 1934.
- KAMP, C. J. and STUART, C., The electric organ and its centres in *Gymnotus electricus*. Ibidem No. 3, 1934.
- WOERDEMAN, M. W., An inquiry into the distribution of potassium compounds in the electric organ of the Thornpike (*Raia clavata*). Proc. Kon. Akad. v. Wetenschappen, Vol. 23, 1920.

Comparative Physiology. — *Interaction between Viscous and Tetanic functions in the foot of the snail (Helix pomatia).* By N. POSTMA. (From the Laboratory of Comparative Physiology of the University Utrecht). (Communicated by Prof. H. J. JORDAN).

(Communicated at the meeting of May 26, 1934).

It is generally long known, that the rapid movements of *vertebrate striated muscles* are brought about by means of a shortening of the contractile elements. If a limb or organ is fixed during a certain time in a definite position by means of muscles, the muscles are said to be in a tonic state. It is accepted that, in the vertebrate striated muscle, this tonus is maintained by the contraction of a small number of muscle fibres. If these fibres get tired, another group of fibres is brought into action, while the first group is allowed to recover, etc. (SHERRINGTON). To these contractile elements therefore, a prominent position must be ascribed in the organisation of the muscles. As these contractile elements must be apt to rapid lengthening and shortening, they must have elastic properties. It is in accordance with this assumption that, on lengthening these muscles under the influence of a weight, we observe elastic phenomena: very limited lengthening under a high increase of tension and immediate and complete restoration of the original length and tension after the removal of the weight.

It is accepted that rapid movements of *invertebrates* by means of their *smooth muscles* are also due to contractile elements in these muscles. If an invertebrate organ or muscle is fixed during a certain time in a definite position or at a definite length, this state, like in the case of vertebrates, is called "tonus". However, the mechanism of this "tonus" must be of a nature quite different from that in the vertebrate striated muscle. This has been concluded from the facts, which are observed if such a muscle is allowed to lengthen under influence of a weight.

JORDAN has studied circumstantially the lengthening-phenomena in the snail's foot, after the removal of the visceral mass. If desired, the ganglia can be also cut away. The results obtained by JORDAN have shown that

the foot, loaded with a weight, lengthens against a plastic resistance and nearly maintains its new length after the removal of the weight. When the snail makes a curve while creeping, the convex half of the muscle is lengthened passively. But the snail could not possibly alter its direction, if it had no faculty to restore its original length and plastic resistance.

However, attempts to restore the original length and resistance after a lengthening-experiment (by means of contraction) in a natural way have not yet succeeded¹). If, to this end, the foot is stimulated during or after the lengthening, the contraction is mostly superposed on the length-time-curve and after the contraction a rapid relaxation takes place till the level is reached which the lengthening would have arrived at, if no contraction had been evoked. JORDAN therefore concluded that another process, the so-called "tonic contraction", must take place separately from or be added to such a tetanic contraction which latter must be caused by the contractile elements. How the "tonic restoration" is performed in the living animal is as yet unknown.

In the above mentioned experiments, the foot contracted against a considerable load and it is questionable whether the convex half of the foot, while creeping, acts under similar conditions. I therefore prepared a snail's foot, allowed the preparation (ganglia extirpated) to rest for 12—18 hours and registered the (first) length-time-curve after loading with 20 grams. (During such experiments the temperature is kept at 2—3° C in order to avoid abnormal contractions as much as possible). I then took away the weight (on which the foot does not practically change its length), and evoked a contraction through faradic stimulation. After the muscle had been reloaded with the same weight, a length-time-curve was obtained, which fell off as slowly as the curve obtained from the resting foot directly after the preparation. Moreover, when the contraction, in an unloaded condition, was repeated, the lengthening-curves agreed almost exactly. One may ask if this agreement is an accidental or an essential one. To decide this question, I studied the temperature-relation of the lengthening-after-contraction, raising the temperature to 12, 22½ and 32½° C successively. In accordance with the elevation of the temperature, the initial part of the curves slope more rapidly; with rising temperature the slope of the second part of the curves, however, diminishes and the transition from the steep part to the more flat portion, is formed by a more sudden bend at higher temperatures, the curves crossing those obtained at lower temperatures (see fig. 6, Postma 1933a). My conclusion was that the initial resistance has to be ascribed to plastic properties of the muscle, this viscous resistance diminishing at higher temperatures; afterwards contractions prevail, causing with rising temperature a higher level of the second part of the curves which decline the slope and give a more sudden bend, the contractile elements acting sooner and quicker. *Thus, viscous (plastic) and elastic (contractile) functions come into action one after the other, in inverse ratio: viscous tone and tetanic tone.* (This series of experiments has been reported formerly more in detail: vide 1933a).

The question arose if, during the lengthening of the resting muscle, that is, before any contraction has been evoked, either tetanic phenomena are quite absent or if they remain in the background. In the first length-time-curve the raising of the temperature causes a steeper slope in the

¹) V. SWINDEREN (1927) and JORDAN (1930) evoked tonic contractions by temperature-variations which are not realised under natural conditions.

beginning, but, in the second part of the curves, the level is not elevated as it is in the experiments after contraction. Thus, when we compare the curves of different foots at various temperatures, the temperature-influence on the first lengthening-curve gives no indication that a tetanotone is aroused. Neither was it given by electrogram-experiments: the deflection curves from the galvanometer or the oscillograph are more irregular when the unstimulated muscle is lengthening, than before and afterwards, but the differences are very small.

It seemed to me that the study of some other phenomena might throw light on the solution of the problem mentioned.

VAN OVERBEEK found that in the contractile part of *Anodonta's* adductor-muscle, a tetanotonus is aroused by the stretch of the elastic hinge-ligament. Probably the same phenomenon holds for the contractile elements of the snail's foot when the muscle is lengthening.

A rise of tetanotone by the lengthening-reaction in the snail's footmuscle, then will be followed by a spontaneous relaxation if the foot is unloaded for a sufficiently long time-interval and, what is more, the readiness to tetanotone will be diminished. After reloading, during the first few minutes, the slope of the curve will remain steeper than it would if loading was continued after a short interval (1 minute). Thus we may expect a disturbance in the slope of the curves. It was therefore necessary:

- a. to compare the course of the length-time-curve (after contraction in in unloaded condition) in its full length, with the curve which arose if the lengthening was interrupted by unloading during certain time-intervals;
- b. to compare in the same way the first length-time-curve, without unloading, with one which was interrupted.

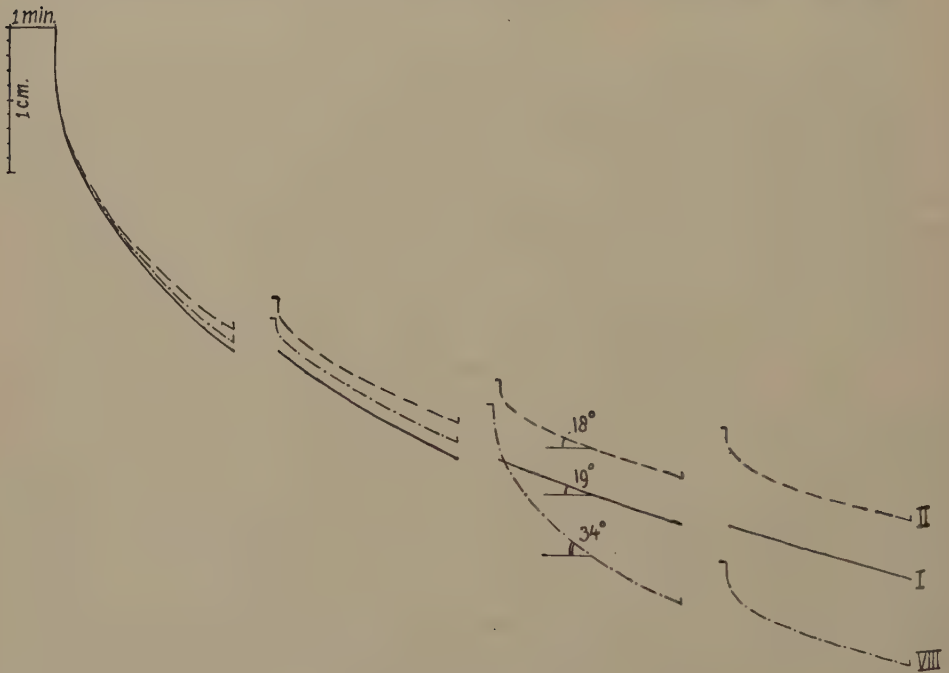
To characterize the course of the curves, I measured by means of a graduated arc (as described by F. W. WENT, 1927 p. 26) the angles between a horizontal line and the tangent in points of the curve, which follow one another with equal time-intervals and in which case the angles decrease more and more with the increase of the lengthening (see fig. 1, curve 12). — The curves have been registered on a kymograph as described in communication 1933a. —

a. If, after equal intervals (e.g. 4 min.), the foot is unloaded for a short interval (1 min.), the corresponding angles do not change in principle, as can be seen from fig. 1, curves 14—17. As a fact, after loading had been interrupted from $\frac{1}{2}$ —1 hour, 2 min. after reloading, the angle of curve 7 (fig. 1) is $8\frac{1}{2}^{\circ}$ instead of $5\frac{1}{2}^{\circ}$ and 4° , as the corresponding angles of curves 12 and 16, and even more than the previous angle (7° , curve 6).

This phenomenon, however, may also be the expression of a delayed relaxation of the preceding contracture, a view which has been discussed in former papers ("Il paraît, que ce tétonotonus soit un résidu de la contraction", 1933a). If this suggestion holds true, the slope of the lengthening-curve after contraction (in an unloaded condition), will increase if loading is delayed more and more. A series of lengthening-

experiments, undertaken to decide this question, brought about that different time-intervals, just after contraction, do not alter the slope of the curve (fig. 2). Moreover, when, after 4 minutes lengthening, the same foot is unloaded during different intervals, the slope only remains the same if the period of unloading is short enough. That means that, after contraction in an unloaded condition, there is neither a spontaneous relaxation (as in skeletal muscle) nor is there a decrease in readiness to tetanic tonus. The supposition in a previous paper: "Eine dritte Möglichkeit ist, dass durch das Gewicht, oder die Dehnung, neuer Tetanotonus entsteht" (1933b), has been confirmed.

b. After contraction, the slope of the second part of the lengthening-curve is dominated by tetanotonus, aroused by the loading and which is diminished by an unloading of the foot during a long period. Since the lengthening of the foot in rest also shows the last phenomenon (see fig 3,



BC.

Fig. 3. Experimental conditions: Objects I, II and VIII of series BC. Weight 17 gr.; 28-III-'33. Foot prepared, (ganglia extirpated) and placed on instrument's table, loading 5 gr., brake fixed. Lengthening begun $\frac{1}{2}$ hour later, load 20 gr., temperature 10° C. First length-time-curves.

Curve I. Lengthening continued without unloading before the end (after 16 min.).
Curve II and VIII. Unloading every 4th minute; reloading after 1 min., except the second time-interval in curve VIII, which lasted 1 hour.

curve VIII after 2nd reloading), tetanotonus must also be present; we cannot, however, prove absolutely that this tetanotonus, too, is only due to the load

The lengthening-curve of resting muscle, as well as that after contraction, gives a synthetic picture of two phenomena viz. the viscous and the tetanic tone, the quantitative ratio of which varies. In the beginning viscous phenomena prevail; afterwards, tetanic tone complicates the lengthening phenomena.

After contraction, the viscous phenomena were weaker than in the curve from the resting foot: temperature-relations, as well as unloading during a long time, point in this direction. Thus, the contraction of a foot, without ganglia and in unloaded condition, does not completely restore the original ratio between viscous and tetanic resistance¹). The fact that increase of contractile properties is always connected with decrease of plastic yielding, and, vice versa, leads to the question whether there may be an interaction between the substances which are responsible for the plastic and elastic functions. I have got evidence which supports the view that such an interaction really exists. In this interaction lays, in my opinion, the key to the so-called tonic contraction¹).

The tonus-problem of the snail's foot has thus a double aspect: the viscous tone, which has been studied by JORDAN's school, and the tetanotonus, which had, up till now, been left out of account. However, one must be careful not to generalize, for, even when other objects give apparently the same first length-time-curves (as in *Helix*), it is still necessary to verify if tetanic functions also play a role and, if so, in what quantitative relation they are to the plastic functions. This is a very interesting question in relation to the specific biological requirements of different animals. Those living in water, and therefore supported on all sides by the surrounding medium, need possibly less tetanotone to maintain their shape than terrestrial animals. So I will call special attention to the results of JORDAN's experiments with *Aplysia*, the seahare (1930), and with *Metridium dianthus* (1934); the latter were carried out in the summer of 1933. JORDAN observed that the length-time-curve of the wallblade — which showed (1908) the same temperature-relations as that of the feet of *Aplysia* and *Helix* — does not alter the angle between a horizontal line and the tangent, that is to say, in a definite sense, if lengthening has been interrupted during different intervals. Only the initial drop increases when the intervals are varied e.g. from 10 to 30 minutes and JORDAN ascribes this to the so-called "snowplough-effect" (1934), a phenomenon which has a temperature-relation contrary to that

¹) Last winter, J. A. MAAS stated that, in my apparatus, the footmuscle, after unloading, has still to overcome too much friction. MAAS has evaded this hindrance and found unaltered the temperature-relations of the curves from the muscle, after re-shortening and contraction, when compared with those of the resting muscle.

of the aroused tetanotone; the former diminishes at higher temperatures, the latter is strengthened.

That a muscle changes its internal condition during lengthening has probably a more general biological importance than has been realized. VAN OVERBEEK and the present investigator have observed this with regard to smooth muscles (*Anodonta* and *Helix*). WACHHOLDER (1933) reports the same phenomenon for striated muscles in tonic condition. He unites the effects that show connection to "Unterstützung", contracture, plasticity, staircase and fatigue, which are based — according to him — upon the change of internal condition, under the name "Intensitätsfactor". I do not mean to say that the mechanisms are quite identical in both cases, but I believe that they have the same economical physiological meaning, — among others, augmentation of the amplitude of the twitch.

However interesting may be a study about the quantitative ratio of tetanic and viscous tone, in relation to the physiological requirements of an animal or muscle, it is primarily necessary to correlate the interpretation of the influence of the nervous supercentra on tonusphenomena in the snail's foot with the new aspect.

As has been pointed out already (1933a), the length-time-curve taken from a foot under influence of the pedal ganglia falls steeper, at the beginning, than that from a foot without ganglia. Afterwards, it becomes nearly horizontal, crossing the peripherious-tone-curve. This phenomenon has been explained as the diminishing of plastic resistance, followed by a sudden increase of the muscle's viscosity under influence of the ganglia, thus causing the "break" and changing the tonus of the foot into "central tone". Whether these phenomena are also complicated by tetanic functions e.g. by inhibition of the tetanotone in the beginning, followed by a sudden intervention of tetanic tone, is a problem now under consideration.

Summary:

1. Lengthening of the snail's foot alters the internal condition of the muscle, the alteration being reduced by unloading during a long interval;
2. Temperature-relation denotes that this alteration is connected with tetanotone, at least it diminishes the plastic phenomena.

LITERATURE CITED:

1927. WENT, F. W., Wuchsstoff und Wachstum. *Rec. d. Trav. bot. néerl.* **25**, 1—117.
 1930. JORDAN, H. J., Der Tonus glatter Muskeln als Funktion der Muskelfluidität. *Proc. Kon. Akad. v. Wetensch.*, Amsterdam, **33**, 788—791.
 1931. OVERBEEK, J. v., Über Tonuserzeugung unter dem Einfluss von Muskeldehnung (bei *Anodonta cygnea*), *Zs. f. vergl. Physiol.* **15**, 784—797.
 1933a. POSTMA, N., Recherches sur l'allongement du pied de l'escargot, etc. *Proc. Kon. Akad. v. Wetensch.*, Amsterdam, **36**, 360—371.

- 1933b. POSTMA, N., Viskositeit und Tetanotonus als Komponenten der Dehnungskurve des Schneckenfusses (*Helix pomatia*). *Acta Brev. Neerl.*, **3**, 41/42.
1933. WACHHOLDER, K., Untersuchungen über den Mechanismus der Superposition bei der tetanischen Muskelkontraktion. *Pflüg. Arch.* **233**, 683—700.
1934. JORDAN, H. J., Die Tonusmuskeln der Aktinie *Metridium dianthus*. *Proc. Kon. Akad. v. Wetensch., Amsterdam*, **37**, 31—36.

Physics. — *On the spreading of a tripeptide.* By Prof. Dr. E. GORTER, Dr. TH. M. MEYER and G. TH. PHILIPPI. (These experiments were made possible by a grant from the Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen, (LANGERHUIZEN-fonds). (Communicated by Prof. J. VAN DER HOEVE).

(Communicated at the meeting of May 26, 1934).

As we have previously shown¹⁾ spreading depends within a series of the same class of substances containing hydrocarbon chains, on the length of the chains, as well as on the number of chains linked together.

This can easily be shown by considering the series of fatty acids and fats. Whereas the fatty acids with the smaller molecules are water soluble, their capillary activity increases with the length of the hydrocarbon chain, and only the higher homologues, on from that with 14 C-atoms, can be spread in a monolayer which is insoluble under compression.

On the other hand in the series of fats 6 C-atoms per chain suffice to give a beautiful spreading: tricaproin being the first number of this series that spreads.

We have now studied the same influence of the two factors: length of the chain and number of chains linked together in different α -amino-acids and peptides prepared from them.

It has been possible to show that the capillary activity of α -amino palmitic acid is greater than that of α -amino caprylic acid.

Further a tetrapeptide from alanin²⁾ does not spread, and the spreading tendency of the tetrapeptide of leucin is very poor, comparable to that of tributyrin. But the tripeptide of α -amino caprylic acid, having 8 C-atoms per chain, was found to be a very well spreading substance (fig. 1).

We believe that these observations can serve to explain the fact that proteins can be spread in a monolayer under suitable conditions.

There the second factor viz. the number of chains linked together is more important than the length of each chain.

¹⁾ E. GORTER and F. GRENDL: *Kon. Akad. v. Wetensch., Proceedings Vol. 32*, 1929, p. 770. The spreading of proteins.

²⁾ This substance was kindly given to us by Dr. LEVENE (New York). The other preparations were made by one of us. (TH. MEYER).

We have been able to show a distinct influence of pH on the spreading of the tripeptide of α -amino caprylic acid (fig. 2), when the surface film is compressed shortly after the spreading pipette has been blown out. The area per mg. depends on the pH of the substrate, having a minimum at pH-2.4.

The effect is less pronounced as with most proteins and comparable to the influence of differences of pH on the spreading of insulin¹⁾.

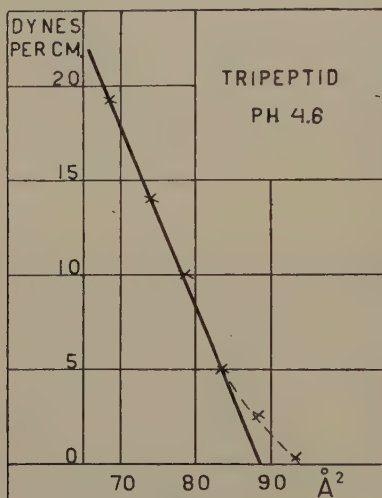


Fig. 1

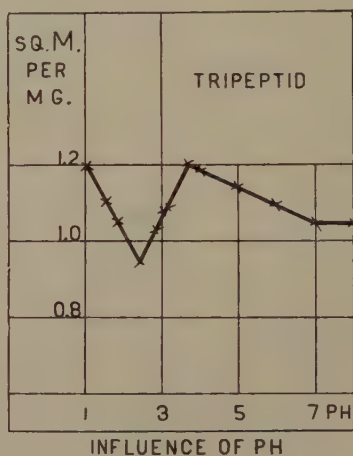


Fig. 2

That there is a relationship between the minima observed in protein spreading and in spreading the tripeptide may be concluded from the following observation: On the acid side at a pH 2.7 we could increase the spreading by adding very small amounts of trivalent negative ions e.g. methane trisulfonic acid (BACKER). (Fig. 3).

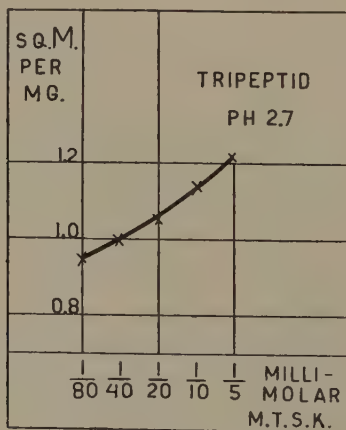


Fig. 3

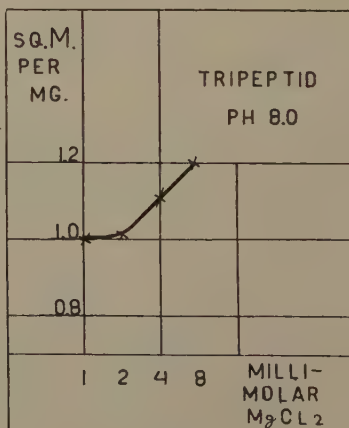


Fig. 4

¹⁾ E. GORTER and J. VAN ORMONDT: Kon. Akad. v. Wetensch., Proceedings, Vol. 36, 1933, p. 922. The spreading of insulin and of zein.

On the alkaline side at a pH 8 we can increase the spreading by adding small amounts of bivalent positive ions, e.g. magnesiumchloride. (Fig. 4).

This is — in principle — the same influence as we have obtained in studying proteins. The amounts necessary to produce the effect are somewhat larger than in the case of protein films.

Medicine. — *L'intoxication aigue par la bulbocapnine chez le chien.* (Par D. J. KOK). Travail du Laboratoire Neurophysiologique (Dr. H. DE JONG) de la Clinique Neurologique de l'Université d'Amsterdam (Prof. Dr. B. BROUWER). (Communicated by Prof. B. BROUWER.)

(Communicated at the meeting of May 26, 1934).

Quand on veut étudier l'attitude, le maintien et la conduite d'un animal en conditions expérimentales, il faut tenir compte avec l'état normal des différentes espèces d'animaux à cet égard.

En comparant, par exemple, la locomotion normale d'un plantigrade et d'un digitigrade sans faire des différences entre ceux qui marchent et ceux qui sautent ou grimpent, une cause d'erreur peut être introduite. Il doit être dit, par exemple, que la posture du chat est moins belle que du chien. Le chat est un animal qui grimpe, en outre il a des épaules plus détachées et peut conséquemment porter ses extrémités de devant relativement plus en avant que le chien. Par le mécanisme de ses griffes, il peut s'attacher avec les pattes de devant, ce qui est impossible pour le chien.

L'angulation du jarret du chien et du chat est différente, le chien marche, le chat grimpe plutôt. C'est pourquoi on peut difficilement mettre sur le même plan les postures anormales données passivement des extrémités du chien et du chat. Il est d'une très grande importance, il faut le souligner encore une fois, qu'en étudiant les positions données ou prises, il ne faut jamais perdre de l'oeil les relations anatomiques et physiologiques qui sont spécifiques pour chaque espèce d'animal.

Prendre, mais surtout donner des attitudes anormales, a conséquemment des limites.

J'ai fait 25 expériences avec 8 différents chiens adultes, cliniquement sains, de race, âge et poids différents. La bulbocapnine¹⁾ fut injectée subcutanément ou par la voie intramusculaire ou intraveineuse.

De la série des protocoles, un exemple d'une injection subcutanée et d'une injection intraveineuse suit ici, qui montrent l'action de l'alcaloïde chez deux de nos animaux.

¹⁾ Nous avons utilisé le hydrochlorate de bulbocapnine et le phosphate de bulbocapnine „Merck"; une partie du dernier fut gracieusement mis à disposition par cette maison.

1. *Injection subcutanée ; dose moyenne.*

Chien. T. femelle, 14 mois, poids $6\frac{1}{2}$ Kg. L'animal est cliniquement sain.

Dose : 120 mg de HCl. de bulbocapnine.

La solution fut injectée subcutanément dans la cuisse.

11 h.04' : Six minutes après l'injection, l'animal est un moment agité, tire la queue entre les jambes et veut s'asseoir. Respiration 14 fois par minute ; pouls 140.

Dix minutes après l'injection l'animal a un tremblement rythmique de la tête et montre du négativisme.

Il s'oppose au déplacement.

Dix-sept minutes après l'injection ce tremblement disparaît et l'animal est cataleptique.

Il est possible d'imposer à l'animal des attitudes typiquement aphysiologiques, entre autres, en étendant largement les pattes de devant, en mettant les pattes de devant croisées, en mettant l'animal contre le mur avec les pattes de devant maximale-ment étendues, en exécutant le soi-disant „position du pont” entre deux chaises. Dans ce cas les pattes de devant et celles de derrière restent sur les fonds de deux chaises qui ne sont pas plus éloignées entre elles qu'à une distance qui ne peut pas surpasser la longueur du tronc de l'animal. Quand on le met avec les pattes de devant sur un tabouret tournant et qu'on tourne lentement, il tâche de maintenir sa position active ; quand il ne peut plus se tenir, il tombe avec ses pattes de devant du tabouret et arrête son poids correctement et reste debout dans la position demandée par l'équilibre. L'animal montre du négativisme, mais irrité par une poussée, il marche quelques pas et s'arrête dans la posture prise dans la position de repos atteinte. Quand on tâche de bouleverser l'animal qui est debout, il croise les jambes de devant pour sauvegarder son équilibre. Quand 27 minutes après l'injection l'animal est placé contre une grillage pour observer encore une fois la position déjà décrite, il s'affaisse vite, montre encore un peu de manque de locomotion, devient très attentif et marche rapidement vers sa couchette connue, commence à aboyer et à jouer avec un autre chien.

Résumé : Nous avons vu dans cette expérience qu'avec un chien sain pesant $6\frac{1}{2}$ Kg. dix minutes après l'injection de 120 mg de HCl. de bulbocapnine (injecté subcutanément), un tremblement de la tête se présente et que le chien montre du négativisme. L'animal montre une catalepsie très belle et convaincante dix-sept minutes après l'injection pendant neuf minutes.

2. *Injection subcutanée; dose plus forte.*

Chien. T. femelle, 14 mois, poids $6\frac{1}{2}$ Kg. L'animal est cliniquement sain. La dose s'élève à 400 mg de Ph. de bulboapnine „Merck”.

Observation :

- 9 h.40' : Immédiatement après l'injection l'animal glapit un peu. Après il montre une catalepsie.
- 10 h. : L'animal fait soudainement un saut en arrière, se roule quelques fois autour de son propre axe et tombe dans une insulte épileptique. Il a des spasmes cloniques et toniques, bat de l'écume dans les coins de la bouche et laisse couler de l'urine et des selles.
- 10 h.02' : L'animal fait des mouvements roulants, roule contre les tuyaux du chauffage, se lève en poussant des cris hauts et courts. Quand il se heurte à quelque objet, il mord. Il s'arrête pendant un mouvement de marche (barrage); lève la lèvre supérieure quand on l'approche et gronde. Après il ne changea pas de position.
- 10 h.08 : L'animal est redevenu calme. Quand on l'irrite, ils ne se montrent pas des hyperkinésies. Il est de nouveau possible de le mettre en différentes positions aphysiologiques et le négativisme est réapparu. Mis contre le mur, il reste debout, il se laisse descendre lentement, après une forte irritation acoustique, s'arrête dans la position dans laquelle il est descendu.
- 10 h.12' : L'animal commence à marcher spontanément après l'ouverture d'une porte quoique l'initiative motrice est encore diminuée.
- 10 h.15' : Il marche spontanément à sa loge.
- 12 h.15' : Plus que deux heures et demie après l'injection, l'animal laisse couler toujours sa salive. Le tremblement de la tête ne peut plus être stimulé par irritation. L'animal marche spontanément, mais l'initiative motrice n'est pas encore complètement retournée. Il est impossible de donner des positions aphysiologiques; le négativisme existe encore.

Résumé : Il résulte de cette expérience, que chez ce chien, une dose de 400 mg de bulboapnine „Merck”, produit d'abord des phénomènes déjà obtenus par d'autres doses comme un tremblement temporaire de la tête, du négativisme et de la catalepsie. 22 Minutes après l'injection de 60 mg par Kg, une insulte épileptique se présente, suivie d'une hyperkinésie. Il paraît donc qu'une dose de 50 mg ne doit pas être surpassée afin d'obtenir un état de catalepsie.

Application intravéneuse :

Chien. M. mâle, 1½ ans, poids 20 Kg. L'animal a cliniquement une bonne santé.

Dose de 200 mg de Ph. de bulboapnine.

Observation :

- 10 h.20' : Aussitôt après l'injection l'animal a eu un fort tremblement de la tête, en même temps une période impulsive, il hurle, devient hyperkinétique et il tire à ses cordons. Il montre une salivation, une incontinence d'urine et une défécation. Mis sur la terre le tremblement de la tête déjà observé sur la table devient plus distinct. Si l'on tâche de mettre l'animal sur ces pieds, il ne peut pas rester debout. Au début, cette dose semble être trop forte. Les pattes de derrière s'affaissent d'abord et il se produit une lordose, il y a bien un fort tonus de flexion des pattes de devant. Cependant, un aspect cataleptique se développe après.
- 10 h.45' : Le négativisme est distinct. Mis contre un appui, il reste debout. En même temps il est possible de lui donner des positions aphysiologiques.
- 10 h.55' : Il est encore négativiste et reste debout à son aise contre un appui avec les pattes de devant étendues maximalement.
- 11 h. : Après être mis dans la position précédente, il réagit sur appel et s'en va, quoique l'initiative motrice soit encore retardée.
- 11 h.55' : Avec un contrôle plus tard, une heure et demie après l'injection, il n'était plus possible de donner à l'animal des positions aphysiologiques, aussi il ne fut plus négativiste, mais un tremblement de la tête put être stimulé par l'irritation du planum nasale.

Résumé : Cet animal présentait après une injection intravéneuse de 200 mg de Ph. de bulboapnine d'abord une période impulsive, se transformant après 20 minutes dans un bel état cataleptique, durant 15 minutes.

Un tremblement d'action de la tête se présenta une heure et demie après l'injection.

Conclusions générales :

En résumant mes expériences, il paraît qu'une dose moyenne de 0.020 g de bulboapnine par Kg. poids du corps de l'animal suffit pour reproduire de la catalepsie chez le chien. Comme chez les autres animaux, la catalepsie est accompagnée de négativisme et des phénomènes autonomes, entre autres, de la salivation, tandis qu'en 70 % des cas un tremblement d'action de la tête peut être observé. Avec l'injection intravéneuse une quantité



Attitude cataleptique d'un chien.



Catalepsie bulbo-capnique chez le chien.

plus petite, à savoir pas plus que 0.010 g par Kg poids du corps, était suffisante pour reproduire la catalepsie. Les doses les plus fortes (subcutanément: 400 mg et par la voie intravéneuse: 200 mg) produisaient des hyperkinésies parfois suivies d'une insulte épileptique.

Comme indicateur de l'apparition d'un effet positif, il faut prendre le négativisme et la catalepsie. Ce qui est le plus frappant c'est que de 9—17 minutes après l'injection, on voit paraître une initiative motrice retardée, tandis que les animaux s'opposent en même temps au déplacement.

Les animaux peuvent se tenir debout convenablement, il y a un tonus assez fort dans les extrémités. Les postures de flexion décrites par SCHALTENBRAND, n'étaient pas observées par moi avec la dose la plus faible. L'attitude cataleptique la plus frappante pour un chien est le croisement continu des pattes de devant, le fait qu'il garde une position comme en nageant. Dans le dernier cas, les animaux sont mis sur le ventre, les quatre extrémités maximale ment étendues et écartées. De telles positions peuvent être gardées pendant un long temps par les animaux. Une autre attitude typique est la position dans laquelle on a mis les animaux avec les extrémités de devant écartées contre un appui. On peut aussi donner aux animaux un point d'appui aux pattes de derrière d'une telle façon que la tête est plus basse, alors on voit que celle-ci est tenue dans la position normale. Avec les doses plus fortes ils baissent la tête. L'attitude en flexion du tronc est alors si forte que le nez touche la terre et les extrémités de devant viennent plus ou moins dans la posture de flexion.

Quand on tâche alors de pousser les animaux, on n'a point de succès, en continuant à pousser on les met pour ainsi dire sur la tête. Les réflexes des tendons ne sont pas augmentés. Quand on lève les animaux et qu'on les jette en avant, on voit allonger le cou et les pattes de devant.

Somme toute, il résulte de nos expériences, que la bulbocapnine, à dose convenable, peut reproduire chez le chien tout le syndrome de la catatonie expérimentale, décrit le premier par DE JONG et BARUK¹⁾.

¹⁾ Voir pour tous détails la monographie: H. DE JONG et H. BARUK: „La catatonie expérimentale par la Bulbocapnine". Masson et Cie, 1930.

- KENNETH V. THIMANN and F. W. WENT: "On the Chemical Nature of the Root-forming Hormone. (Communicated by Prof. F. A. F. C. WENT), p. 456.
- P. E. VERKADE and J. VAN DER LEE: "Researches on fat metabolism. IV. Two-sided β -oxidation of the dicarboxylic acids formed by ω -oxidation of saturated fatty acids. (Communicated by Prof. G. VAN ITERSSEN Jr.), p. 460.

Rapport van de heeren W. J. DE HAAS, J. M. BURGERS en G. HOLST over de ter uitgave in de werken der Akademie aangeboden verhandeling van den heer M. ZIEGLER: *The construction of a hot wire anemometer with linear scale and negligible lag.*

De verhandeling van den heer M. ZIEGLER, getiteld: *The construction of a hot wire anemometer with linear scale and negligible lag*, welke aan ondergeteekenden in de vergadering van 26 Mei 1934 ter beoordeeling in handen is gesteld, houdt zich bezig met de vraag, hoe een gloeidraad-instrument, hetwelk uiteraard reeds tot de snelst werkende apparaten voor de meting van luchtsnelheden behoort, door zoo ver mogelijk gaande opheffing van de traagheid en door compensatie van het niet-lineaire karakter der aanwijzingen, tot een toestel kan worden gemaakt, dat geschikt is voor het verkrijgen van direct afleesbare registraties van het snelheidsverloop in snel veranderlijke luchtstromingen. De mededeeling vormt een voortzetting op werk van den schrijver, dat reeds vroeger in de Proceedings der Akademie verschenen is. Een methode voor het gedeeltelijk compenseeren van de traagheid, welke in een dezer voorgaande mededeelingen was beschreven, veroorloofde reeds snelheidswisselingen die zich in 1/1000 seconde afspelen, zichtbaar te maken, doch vereischte daarbij in het algemeen voor elk snelheidsgebied een afzonderlijke instelling. Thans is een nieuwe methode aangegeven, welke op veel meer afdoende wijze onmiddellijk over een veel grooter gebied bruikbaar is, en berust op de gedachte dat de temperatuur van den draad slechts zoo weinig mogelijk moet veranderen. Door tijdsgebrek (wegens vertrek van den schrijver uit Delft naar Eindhoven) kon deze methode niet experimenteel beproefd worden; haar principe en uitvoeringswijze is echter zoo uiteengezet, dat zij thans als basis kan dienen waarop andere experimentatoren kunnen voortbouwen. — Het eveneens zoo belangrijke probleem van de linearisatie der calibratie-curve, door gebruik te maken van niet-lineaire detectie, is daartegenover wel experimenteel behandeld, waarbij zeer bevredigende resultaten werden verkregen.

Het verrichte werk zal zeker de aandacht trekken van de buitenlandsche laboratoria, die zich met analoge problemen bezighouden; het vraagstuk is vooral van belang, omdat het verkrijgen van meerdere experimenteele gegevens betreffende het gedrag van de snelheid als functie van den tijd in turbulente stroomingen een punt van groote beteekenis is voor de aerodynamica.

Ondergeteekenden zouden daarom gaarne opname van het artikel in de Verhandelingen der Akademie aanbevelen.

W. J. DE HAAS.
J. M. BURGERS.
G. HOLST.

Rapport van de heeren A. J. KLUYVER, G. VAN ITERSSEN JR. en F. A. F. C. WENT over de ter uitgave in de werken der Akademie aangeboden verhandeling van mej. J. LODDER: *Die Hefesammlung des „Centraalbureau voor schimmelcultures“, Beiträge zu einer Monographie der Hefearten. II. Teil. Die anascosporogenen Hefen, 1ste Hälfte.*

Genoemde verhandeling is te beschouwen als een voortzetting van de gelijknamige publicatie (I. Teil, *Die sporogenen Hefen*) van de hand van mevr. N. M. STELLING—DEKKER, welke publicatie in 1931 in de Verhandelingen der Akademie is verschenen. De rechtstreeksche aanleiding tot het thans ingestelde onderzoek was de behoefte om ook de omvangrijke collectie cultures van anascosporogene gistsoorten, welke in den loop der jaren door het „Centraalbureau voor schimmelcultures“ is bijeengebracht, aan een nauwgezette contrôle in systematisch opzicht te onderwerpen. Maar evenals dit destijds voor de sporogene gistsoorten het geval was, bleek ook hier dadelijk de noodzakelijkheid om dit onderzoek te doen uitgroeien tot een critische revisie van de zoo talrijke, doch doorgaans zonder onderling verband en met onvoldoende kennis van het bestreken gebied, beschreven anascosporogene gistsoorten.

Aan het verslag van het verrichte onderzoek gaat een critische bespreking vooraf van de tot op heden toegepaste indeelingssystemen der beschouwde groep van *fungi imperfecti*, waarbij de schrijfster tot de slotsom komt, dat geen dezer systemen volledige bevrediging kan schenken. Zij geeft in aansluiting hierop een eenigszins gewijzigd systeem, waarvan als belangrijkste punt naar voren kan worden gebracht, dat de schrijfster op goede gronden besluit tot de wenschelijkheid om die gistsoorten, welke carotinoïde kleurstoffen bevatten, in de afzonderlijke familie der *Rhodotorulaceae* te vereenigen. Voor de resteerende kleurlooze soorten aanvaardt zij een systeem, dat zich in groote trekken aansluit bij dat van CIFERRI en REDAELLI, zooals dit vóór korten tijd door LANGERON en TALICE is geamendeerd.

Van de 169, in de collectie van het „Centraalbureau“ aanwezige, anascosporogene gistcultures is nu allereerst nagegaan, in welke hoofdafdeelingen van het aanvaarde systeem zij moeten worden ondergebracht.

Vervolgens heeft de schrijfster van de omstreeks 100 stammen, welke op grond van dit vooronderzoek tot de *Rhodotorulaceae*, respectievelijk tot de onderfamilie der *Toruloideae* van de familie der *Torulopsidaceae* moeten worden gerekend, een systematisch experimenteel onderzoek verricht. Het resultaat van dit onderzoek is, dat aan verschillende der door vroegere onderzoekers beschreven soorten het bestaansrecht wordt ontzegd, terwijl anderzijds de omschrijving der gehandhaafde soorten zoodanig is verscherpt, dat hierdoor voor het eerst een redelijke basis is gelegd voor de determineering van nieuw te isoleeren stammen.

Dit systematische deel van het onderzoek is door een honderdtal eenvoudige pentekeningen verduidelijkt. Opgemerkt zij nog, dat de schrijfster zich zoowel wat de wijze van behandeling, als wat betreft de keuze der voor de differentiatie der soorten in aanmerking komende kenmerken nauw aansluit bij Mevr. STELLING—DEKKER. Slechts vereischte de bewerking van de talrijke niet-vergistende soorten een nadere beschouwing van de wijze van vaststelling van het gedrag dier soorten ten opzichte van uiteenloopende suikers. De schrijfster heeft hiervoor een goede oplossing gevonden in de toepassing van de auxanographische methode van BEIJERINCK, een methode, welke tot dusver door de gistsystematici ten onrechte geheel is verwaarloosd.

Gezien de groote zorgvuldigheid, waarvan de geheele bewerking getuigenis aflegt en in aanmerking nemende de verhoogde belangstelling, welke juist in de laatste jaren zoowel van zuiver mycologische zijde als van de zijde der beoefenaren der toegepaste mycologie (medici en technisch-microbiologen) voor de behandelde organismengroep aan den dag wordt gelegd, adviseert de commissie de Akademie de verhandeling wel in hare werken te doen opnemen. Zij doet dit met te meer aandrang, omdat mag worden verwacht, dat van de publicatie van deze studie een krachtige propagandistische werking zal uitgaan ten bate van het door het „Centraalbureau voor schimmelcultures” nagestreefde doel.

De Commissie,

A. J. KLUYVER.

G. VAN ITERSON JR.

F. A. F. C. WENT.

Physiology. — *Some remarkable properties of a double refracting liquid.*
By G. VAN ITERSON JR.

(Communicated at the meeting of June 30, 1934).

Professor CARL NEUBERG, Director of the „Kaiser Wilhelm Institut für Biochemie“ in Berlin, lecturing in Delft on June 8th 1934, stated among other things that he had been able to prepare mono phosphoric-glyceric acid and several of its salts. He mentioned also that at a similar lecture in Prague on May 17th 1934 he had been told by Prof. H. ZOCHER that it was the latter's impression that liquid crystalline salts might be present among these salts.

I should like to make the following communications about the results of an investigation on the properties of the acid cadmium salt of phosphoric-glyceric acid, which salt I received from Prof. NEUBERG. Naturally, my investigations had to be limited, partly because the total quantity of liquid at my disposal amounted only to about 20 cm³.

According to NEUBERG this cadmium salt has the following composition: $\text{CH}_2\text{O}.\text{PO}_3\text{Cd}-\text{CHOH}-\text{COOH}$. It has been prepared from the acid sodium salt of the phosphoric-glyceric acid by adding 6 cm³ of water and 1.5 cm³ of a 20 % cadmium-acetate solution to 3 cm³ of a 10 % solution of the acid sodium salt. I wish to draw attention to the fact that the gelatinous liquid obtained in this way, contains not only the above named acid cadmium salt and its ions, but also sodium acetate, sodium- and acetate ions. This investigation therefore does not deal with one single chemical or a solution of one.

To determine whether any liquid crystals are present in this solution, it will be self-evident that I have placed a drop of this liquid under the polarizing microscope between crossed nicol prisms and have turned the stage. In this way there is a big chance that interference colours will be observed in several positions of the stage. There was nothing to be observed, however. Next I employed a gypsum plate “Red First Order”, because the observation of faint double refraction becomes easier by this means. (Unless further indication is given, the use of the gypsum plate in this investigation is always in such a manner that the arrow on the plate — viz. the direction of the 1st bisectrix — divides the right angles of the 1st and 3rd quadrant into halves. The 1st and 3rd quadrants are the right-top and left-bottom ones). An extremely faint double refraction could be discerned in this manner; with difficulty, regions of a faint blue colour could be seen, as well as slightly yellow ones. The result was not encouraging, however. Nevertheless, I saw a little more clearing up close to the sides of the cover

glass, which made me decide to investigate the liquid enclosed in a capillary.

On viewing this object after it had been lying on the table for a few minutes (it will be made clear later on that this is not without influence), between crossed nicols and after the insertion of a gypsum plate, red first order, I observed a peculiar phenomenon. I have tried to reproduce this phenomenon on Plate I, these drawings being somewhat sketchy, however. The two black bordering lines do not represent the wall thicknesses of the capillary only; they represent also the very indistinct neighbouring layers. The coloured parts represent therefore only those regions situated toward the centre of the capillary.

With the capillary in a horizontal position, there appeared transverse — viz. vertical — bands, alternately coloured yellow, red, and blue. The yellow and blue bands were approximately of equal width, the red bands were narrow. As an example, I mention here a capillary of an internal diameter of 1.3 mm, yellow and blue bands of $75\ \mu$, and red bands of $15\ \mu$.

Rotating the capillary to the left made the image change: at an angle of about $22.^\circ5$ there were twice as many transverse red bands as at first, while the yellow and blue bands had become less purely coloured. At an angle of 45° the yellow bands had disappeared, there being only narrow blue bands and wide red ones visible. An angle of $67.^\circ5$ produced an image approximately the same as that at $22.^\circ5$. In a vertical position of the capillary the original image was almost restored, the bands having exchanged places, so to say.

The diversity of images was not exhausted herewith; at an angle of 135° narrow yellow and wide red bands were present, while at $112.^\circ5$ and at $157.^\circ5$ again different images were visible.

At 180° , however, the original image reappeared.

Not less surprising, although less colourful, were those things to be observed when the gypsum plate red first order was not inserted. In this case there were present small dark transverse regions between light bands. On rotating, the number of dark bands doubled at first. At 45° the original number had come back again, but the dark bands were wide, and the light ones narrow. By further rotation, twice the number of dark bands appeared again, while in the vertical position the original status had reappeared.

I must add immediately that the above described phenomena were not always observed: in several instances the images were much more complicated. The reason for this will be given below, but here let it be stated that this diversity made the phenomena still more enigmatic to me in the beginning. It follows that the remarkable behaviour of this liquid led me to further investigation. I shall presently return to the experiments with capillaries, but shall first discuss a few other observations.

Firstly, it appeared to me that when a big drop of liquid was placed on a slide without cover glass, the surface of the liquid showed distinct



Formation of bands in the wall-layer of a capillary, (diam. approx. 0.1 mm.) through which a solution of the acid cadmium salt of phospho-glyceric acid has been sucked. Observations in different positions between crossed nicols, (vibrational directions, vertical and horizontal); gypsum plate red first order inserted with the arrow at 45° .

double refraction between crossed nicols. The colours to be observed disappeared practically completely when the cover glass was put on.

When a glass rod was moved back and forth through a drop without cover slide, the liquid became distinctly double refracting; it showed thus a surprisingly strong example of double refraction of fluids in motion. This double refraction was of very long duration, moreover. Rubbed under an angle of 45° , the liquid became blue on insertion of a gypsum plate, and remained so for many minutes, though spots appeared after some time.

This observation led me to perform an experiment which is known to give a peculiar result with several liquid crystals: I placed a little lens in a drop of the liquid. On oscillating this lens one observes, between crossed nicols, sectors which have become double refracting; one never observes the appearance of coloured rings, as crystalline matter sometimes shows. If the lens is rotated by hand a few times in the liquid, there appear four light quadrants (blurred in outline) and a distinct dark cross, the arms of which are horizontal and vertical. When the gypsum plate is inserted, the image is even more beautiful: the first and third quadrants become yellow, the second and fourth, blue, and between them the cross is red.

I was then led to an experiment that is comparable to the well-known one of J. C. MAXWELL, and which was afterwards studied especially by KUNDT and his students, and since then has been worked on by a great number of researchers, i.e. double refraction which appears in a liquid placed between rotating cylinders.

This is very easily done in this case: one places a metal ring of about 5 mm height in the hollow of a flat microscopic cubicle, formed by glueing a slide with a circular hole onto an ordinary slide. If one places a drop of the liquid inside and outside the ring, forming a layer of about 0.5 mm or less, and then turns the metal ring around a few times with the fingers, one observes double refraction both inside and outside the ring. When a gypsum plate red first order is inserted, quadrants are formed which are blue and yellow in pairs. Herein the arms of the cross are vertical and horizontal, and the colours inside and outside the ring are the same in the corresponding quadrants.

I must draw attention to the fact that if one performs the original experiment of MAXWELL-KUNDT in a similar manner, as for instance with castor oil, for which naturally a pair of cylinders of a few centimeters in height is necessary in place of the metal ring, one sees quite another image. The arms of the cross will appear at an angle of 45° , and the colours inside and outside the ring will be in opposition. This I shall return to presently.

Another remarkable property of the liquid is the following: If one heats the almost completely clear solution of the acid cadmium salt, it becomes cloudy at a temperature of about 60° ; with further heating it turns completely white; an amorphous precipitate is being formed. This dissolves

on cooling, and a completely clear liquid is formed. This liquid does not show anything in the above described experiment. The phenomena take place again, however, when the liquid is cooled again to a temperature of less than 45°C .

If one continues the cooling in a capillary under the microscope with crossed nicols and a gypsum plate, one observes in the beginning an opaque, amorphous, very fine precipitate. Gradually on cooling, this becomes transparent. It is then, viewed with crossed nicols and a gypsum plate, yellowish, but there is no double refraction visible; the precipitate has a depolarizing effect. On further cooling the liquid becomes completely clear, and does not show double refraction anywhere.

Lowering the temperature still further, one gradually observes the appearance of colours, which may become extremely bright after some time. There is, however, no question of coloured *bands*. If the capillary is lying under an angle of 45° or of 135° one observes a blue or a yellow colour advancing slowly in the capillary, and becoming brighter: usually this colouration starts from both menisci, but not always. In the horizontal position the phenomenon is much more remarkable; one usually observes in the right half a synchronous advancing of a blue upper half and a yellow lower half. They are separated by a red — viz. neutral — region. In the left half, one observes the opposite. These two figures meet each other, but stay separated by a red transverse band. Especially if a short drop has been placed in the capillary, there appears a remarkable image, which reminds one of a coat of arm with four fields (*écartelé*).

I wish to indicate here directly that it is also possible to obtain this same optical phenomenon with gelatin. When one lets gelatin congeal in a glass tube — not a capillary in this case — there occurs no double refraction unless one increases or decreases the pressure of the air in the tube from one side (this can be done with rubber nipples). In this case a colouration will be seen similar to that described above, and one may displace the coloured part at will by changing the air pressure.

If one applies this last mentioned treatment to the cadmium salt solution which has first been made isotropic and then cooled, one sees something similar, and one may even observe a resiliency which brings to mind quite definitely the experiment with gelatin. There is no doubt that the cooled liquid has turned into a gel. However, extreme care is necessary herewith, because if one presses or sucks a little too strongly the entire mass begins to move, a flow is started, and the regularity of the colour distribution is partly destroyed.

Again there occur coloured transverse bands, yellow and red ones or blue and red ones alternating. If for instance a slight pressure is exerted towards the right, then these layers are curved to the right; in the upper half of the capillary they are yellow, in the lower half, blue. If the pressure is exerted towards the other side, everything is reversed, and in

between these two there is a position of the layers where the situation exists as previously described.

Herewith I have returned to the starting point, and must now describe how the originally observed phenomenon begins. I observed that it did not occur by treating the liquid carefully. It became apparent to me that quite drastic destruction of the equilibrium is favourable. The coloured bands are best made visible as follows: after one has sucked a little of the liquid into the capillary, one removes the capillary from the liquid. Next one sucks and blows the drop in the capillary a few times back and forth. Once is really enough, but the quicker the motion the more beautiful the results. A certain speed is best obtained after a few repetitions. If one places the capillary under the microscope at an angle of 45° , using crossed nicols and a gypsum plate, one observes that the layer at the wall which is retained where the drop has passed, has a beautiful blue colour. In the drop itself there is little to be observed in this position. When the capillary is placed horizontally under the microscope, one does not see anything special in the layer at the wall in the beginning. But soon there occurs in this layer the first indication of the formation of bands. In the beginning they are only slightly coloured, but gradually the colours become clearer and after a few minutes they are intense. Here I should like to indicate that the bands usually do not form complete rounds, but if they do, the colour is nicest at the lower side of the capillary. At the same time one sees the beginning of a very slow displacement of the bands. They become most clear when the layer of liquid thickens because of the action of surface tension, in which case the bands sometimes displace very rapidly. If both thickened parts of the layer at the wall come so close together as to unite into one drop bordered by two concave menisci, no bands are visible, but a "coat of arms" can be seen, with two yellow and two blue fields, which are now, however, the inverted images of the coat of arms described before. Close observation shows that these fields are not regularly made up; they are striped, and there are sometimes red or blue spots in a yellow field, and red and yellow ones in a blue field.

At times the larger drops, after being sucked and blown back and forth, show beautiful regular bands, but often they are irregular — they are seldom as beautiful as they are in the layer at the wall, although this may be the case occasionally. I have tried to ascertain whether the layers lie deep in the liquid. It is certain that they do not form transverse partitions; if one rotates the capillary, the image changes. Mostly there appear to be broken layers. Quite often they are only slightly thicker than the layer at the wall; this may be interpreted from the interference colours which are slightly higher sometimes than those in the layer at the wall.

Concerning the thickness of the layer at the wall in which the phenomenon takes place so beautifully, I have found the thickness of this layer by weighing the liquid retained by the wall and by measuring the diameter of the capillary. This thickness amounted to about $0.05 \text{ mm} = 50 \mu$. If one

takes into consideration that the interference colour between crossed nicols (without gypsum plate) is usually grey first order, then this leads, roughly to a value of the product

$$d(n_1 - n_2) \text{ of about } 0.1 \mu.$$

This means a value of

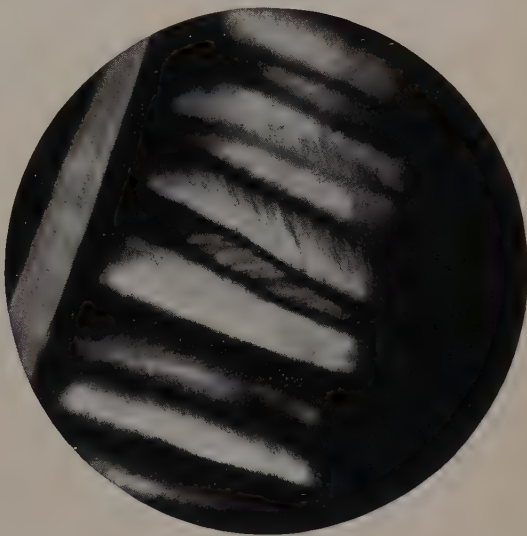
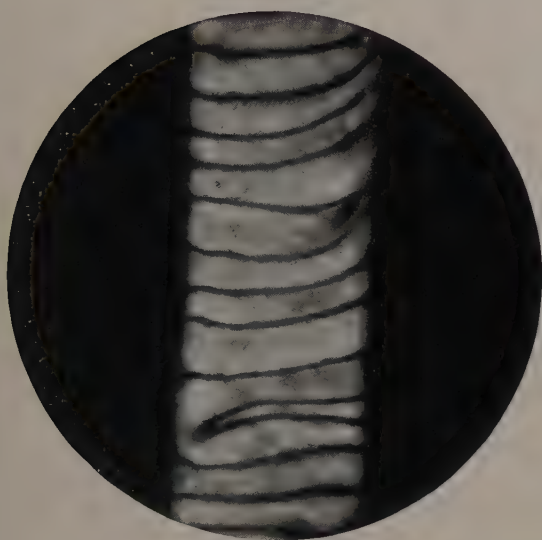
$$n_1 - n_2 = 0.002.$$

As a comparison let it be stated that the difference between both indices of refraction of the effective index ellipse for a gypsum plate amounts to 0.009.

If a wall layer in which the bands are forming regularly, i.e. usually on a place where the layer shows little or no thickening, is left quietly to itself, then a striation becomes visible after five to ten minutes, which eventually becomes very pronounced. We refer here to figure 1 and 2 on Plate II. Viewing these striae superficially, it seems as if only the yellow and blue bands are striated, the yellow ones from the left top to the right bottom, and the blue ones from right top to left bottom. Observing more closely, however, one sees that the striae curve at the edge of the band, where the colour changes into red. Especially without the red first order plate does the real nature become clear, and it is better still if *in this stage of the experiment* one makes his observations with slanting illumination, without the use of nicols. (In earlier stages of the experiment one sees scarcely any structure in the wall layer without the use of nicols). It appears thus that the striations are parts of a system of parallel sinusoids, which may be present very regularly over fairly big distances in the capillary; one must necessarily conclude that these sinusoids are lying closely packed against the inner wall of the capillary. In reality, therefore, these curves are not lying on a flat plane, and may thus not be called sinusoids; the amplitude is relatively small, however, as compared with the diameter of the capillary.

Once this observation was made it could be determined that the sinusoids possess very small amplitudes, shortly after the wall layer has been formed by the motion back and forth, but that these amplitudes increase after the liquid has been left to itself.

The striking phenomenon of the band formation can herewith be explained. Assuming that double refracting long stretched particles are aligned by the flow, which particles behave as double refracting crystalline needles with the largest axis of the index ellipsoid in the direction of the needle and supposing that these particles arrange themselves along parallel sinusoids when the flow has stopped, then all colour appearances such as described for the liquid in the capillary, become readily explainable. One has only to put a sinusoid (cut from paper) to the plate I, to understand it. Moreover, it is now apparent that the appearances are not always the same, since they depend on the amplitude and the wave length of the



Figures 1 and 2. Band formation in the wall layer of a capillary, after sucking through of a solution of the acid cadmium salt of phospho-glyceric acid. Especially fig. 2 shows the "striation" of the bands. 40 times enlarged.



Figure 3. Formation of bands after smearing out of a sol of benzo-purpurine 4B on a slide. 60 times enlarged (observ. between crossed nicols).

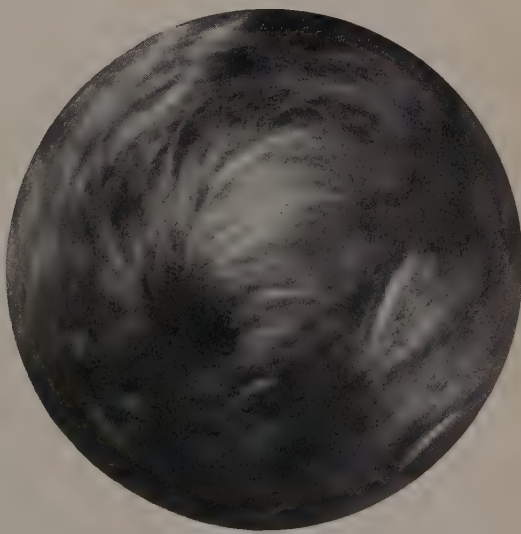


Figure 4. Fibres built up of fibrillae in a solution of the acid cadmium salt of phospho-glyceric acid. 60 times enlarged (dark field illumination).

sinusoids. Often these are in such a way that the sinusoid intersects with its x-axis under angles of about 45° and 135° , and in this case colours will be observed as illustrated by our plate. Sometimes, however, the amplitudes are such that these angles are approximately 60° and 120° . The image then changes; the coloration to be expected can always be foretold from the course of the sinusoids. Before I consider the theoretical side of the problem, let me describe a few more experiments.

Firstly, one can introduce a little glass rod into the capillary, the diameter of which differs only slightly from that of the capillary. Moving the rod quickly back and forth for a short time and then allowing the liquid to come to rest, one observes exactly the same phenomenon as described above for the wall layer. It follows that no free liquid surface is required to produce the appearance of the double refracting particles aligned along sinusoids.

With this experimental set-up one may repeat also the experiment of MAXWELL-KUNDT in a different way, namely by rotating the glass rod in the capillary quickly, with the fingers. If one does this with the capillary in the horizontal position under the microscope, then the liquid during the rotation has the colour of the rest of the field i.e. red first order; the particles align themselves along the lines of flow, which are vertically situated in this case. If one lets the liquid come to rest, one observes the appearance of bands, which in this case, however, are situated longitudinally in the capillary, wide yellow, narrow red, and wide blue bands alternating regularly. Parallel sinusoids are thus formed which progress along with their x-axis around the glass bar. Here it is more obvious still that the curves are not real sinusoids.

After the cause of the phenomenon in the capillary was ascertained, I tried to obtain similar bands by quickly rubbing the liquid with a small rod on a slide, and this succeeded also, the bands, however, being not so nicely shaped. The experiment had better results when a rather thick layer of liquid was let to flow along the slide, and then left to itself. These experiments proved to be of importance because they admitted dark field illumination, wherewith it appeared that the liquid showed initially a general TYNDALL effect only, but that with the formation of the sinusoids an image appeared which became gradually clearer, until finally beautiful sinusoids could be seen.

It is of interest, that the structure of the bands became macroscopically visible in these thick layers which had flowed along the slide, after the liquid had rested a long time and after some of the water had evaporated out of it. By rotating the slide one observed even a "moiré-design" which without doubt has something to do with the opposedly aligned situation in these successive bands.

As I shall describe more elaborately in another publication, I have since observed that the inclination of double refracting particles to arrange themselves along parallel sinusoids is not absolutely restricted to the

solution of the acid cadmium salt of phospho-glyceric acid. I have been able to observe this property quite well in a capillary, using a sol of benzo-purpurine 4B, which I prepared according to a method indicated by H. ZOCHER¹). The bands are here much narrower, (in a capillary with an internal diameter of 1.15 mm the wave-length of the sinusoids was approximately $170\ \mu$). With this solution I succeeded quite well in producing bands (alignment along parallel sinusoids) in a liquid layer, by smearing this layer between two slides and removing the top slide. On drying out layers thus prepared, these bands remain, and the very beautiful striation appears therein as described above for the experiment in the capillary. The parallel sinusoids can clearly be observed and followed in this manner, especially with the polarization microscope. It is even possible to fix a cover glass on such a dry prepared slide with Canada balsam, and to make a permanent microscopic record in this manner²). Figure 3 of Plate II has been prepared after such a „Dauerpraeparat“.

This smear experiment succeeded also with an aged sol of vanadium pentoxide, but the sinusoids were not so nicely formed.

I put on record that the real nature of this phenomenon becomes much clearer with the study of the colourless solution of NEUBERG, than of the coloured sols.

With reference to the cause of the described phenomena, I should like to make a few remarks.

That the lines of the cross in the experiment of MAXWELL-KUNDT with the solution of the acid cadmium salt are horizontal and vertical may possibly be explained by assuming that we are dealing here with a liquid which possesses a very great elasticity (a small coefficient of elasticity). TH. SCHWEDOFF³) introduced this assumption as early as 1892, to explain why KUNDT found the cross of a collodium solution under angles which clearly deviated from 45° and 135° . Indeed, SCHWEDOFF and several other investigators found that various solutions (they are really lyophilic sols) possess a marked elasticity⁴).

It is indeed interesting that the solution of the acid cadmium salt possesses a very pronounced elasticity. The little lens rotated by hand in the above described experiment appeared for instance to be pulled back in the reverse direction after being released.

Still, it is my opinion that the deviating position of the cross is due here

¹) Ueber freiwillige Strukturbildung in Solen, *Zt. f. anorg. u. allgem. Chem.* **147**, 1925, p. 92 en 93.

²) We remark here, by the way, that such a preparation acts as a grating, and that a refraction spectrum may be produced therewith analogue HERINGA's observations of a longitudinal cut of a tendon (these *Transactions* **35**, 1926, p. 763).

³) Sur une anomalie dans la réfraction double des liquides, *J. d. phys.* 3e ser., **1**, 49—52, 1892.

⁴) We refer here to H. FREUNDLICH's *Kapillarchemie*, **4**, Aufl., 2. Bd., p. 312—317, 1932.

to another cause, and that with the said solution, as well as with the solution of wax and resin in toluene of R. REIGER¹⁾, the optical relaxation takes a much longer time than the mechanical relaxation. In the experiment with the little lens a double refraction does not change even after twenty-four hours, while it is not reasonable to assume that the mechanical recovery has not finished for the greater part by that time.

This reasoning leads us also, (as it did REIGER for his solution), to assume that the liquid is non-homogeneous. The formation of the striations in the liquid also point in that direction. The position of the cross will then be due to the alignment of long stretched double refracting particles in the direction of the lines of flow. We recall here how such an aligning influence has also been assumed by other observers²⁾ for the explanation of deviating positions of the cross.

We state further that the position of the cross cannot be explained by assuming that our solution behaves like a rigid gel, in which, on its being distorted, stresses are produced. In that case the cross would take the position as in the case of ricinus oil (many homogeneous liquids behave this way³⁾). As I have observed before, the homogeneous liquid, obtained by heating, congeals and becomes a gel, but this gel is extremely fragile. The phenomena which we described are exclusively to be observed when this gel is changed into a sol by shaking or stirring. May it be remarked also that the solution appears to be thixotropic; one or two days after having been stirred, it changes back into a gel.

The idea that a non-homogeneity exists is also confirmed by the fact that if the solution is kept standing for quite a time, a white silky precipitate becomes visible which shows the phenomenon of „schlieren”. There appear to have formed threads, which are double refracting, very pliable, and therefore often bent in many places. These threads are of various thicknesses; the maximum thickness I observed was 8μ . On first sight they resemble pliable crystals, but appear to be made up out of a very great number of very thin fibrillae, of which the thickness could only be estimated (0.2μ to 0.3μ), and the length of which may be as long as the threads, viz. indefinitely long. A slight pressure on the threads make them fall apart into these fibrillae and an image is produced which reminds one of a cellulose fibre falling apart into its fibrillae⁴⁾. I have given an illustration of this case in figure 4 on Plate II.

¹⁾ Ueb. optische u. mechanische Relaxationszeit, Ann. d. Phys. 336, 93—97, 1910.

²⁾ For instance H. ZOCHER, Ueber Sole mit nichtkugeligen Teilen, Zt. f. physik. Chem. 98, 293—337, 1921 and specially H. FREUNDLICH, H. NEUKIRCHER u. H. ZOCHER, Ueb. die Elast. u. die Strömungsdoppelbrechung in Solen mit nichtkugeligen Teilchen I en II, Koll. Ztf. 38, 43—54, 1926.

³⁾ This may be shown also with a nice experiment of B. Zopfii, using the method according to H. JACOBSEN 1907.

⁴⁾ See for instance my lecture "De wording van den plantaardigen celwand" Chem. Weekblad 24, 166—187, 1927.

On the grounds of what I have described here and of further observations (among others, ultra-microscopic) which I hope to publish later on, I have come to the conclusion that the solution of the acid cadmium salt is a sol which has a tendency to spontaneous directed coagulation, the direction of which may be furthered by mechanical influence¹⁾. We leave open the question whether the observed fibrillae must be considered as extremely soft crystals (as for instance di-iodium-acetylen or nitron-oxalate) or that we are dealing with liquid crystalline matter, in one of the 18 meso-morphous states, which according to the theory of C. HERMANN²⁾ must be supposed to exist between the non-ordered liquid and the real crystalline state.

When one sucks the solution through the capillary, or rubs it with a slide, these long, thin, sub-microscopic double refracting particles arrange themselves along each other. The subsequent contraction to sinusoids must supposedly be ascribed to the elasticity of the sol. I am not able to explain at this instant why completely regular parallel sinusoids are produced just here. It is not impossible that the typical sinusoidlike flow, which OSBORN REYNOLDS observed immediately after its surpassing the critical velocity in a liquid, plays a role here, especially since E. N. DA C. ANDRADE and J. W. LEWIS³⁾ found that the critical velocity is less in a non-homogeneous liquid than in a homogeneous one. May be weakly undulating sinusoids formed by the flow are changed to more strongly undulating ones by the contraction of the liquid.

Finally, I should like to state here that it is my opinion that the here described tendency to form sinusoids during the coagulation of a sol shall prove to be of great significance for the explanation of structures in the plant and animal kingdoms. I hope to elucidate this in another publication, but will mention here as an example how figure 3 Plate II is practically completely identical with figure 143 of W. J. SCHMIDT's *Die Bausteine des Tierkörpers*, 1924, which figure represents a cross cut of a layer of connective tissue of the skin of a tortoise. The description added by SCHMIDT about the polarization colours makes the agreement still more striking.

It is my conviction that the phenomena which we have dealt with here will also throw light on, among others, the well-known interesting observations of G. C. HERINGA on the structure of the tendon (these *Transactions* 1926), on the much argued structure of animal hair (the sinusoids of sheep hair, for example), and on the coagulation of fibrin.

¹⁾ Vide H. FREUNDLICH, Ueber eine neue Art von Koagulation, *Die Naturwiss.* **14**, 1206—1208, 1926.

²⁾ Die Symmetriegruppen der amorphen und mesomorphen Phasen, *Zt. f. Krist.* **79**, 186—222. 1931.

³⁾ Ueb. das hydrodyn. Verh. von Ammoniumoleat-Lösungen, *Koll. Zt.* **38**, 260—261, 1926.

Physics. — *On the specific heats of zinc and silver at liquid helium temperatures.* By W. H. KEESOM and J. A. KOK. Abstract of Communication No. 232d from the KAMERLINGH ONNES Laboratory at Leiden.

(Communicated at the meeting of June 30, 1934).

Specific heats of zinc were measured by one of us and VAN DEN ENDE ¹⁾, of silver by both of us ²⁾. An interesting point of the results obtained was the rapid descent of the curve which represents $\theta = 7.745 T C^{-1/3}$ (C = atomic heat) as a function of T below the critical temperature of helium.

As a possible source of error we discussed in the last mentioned paper the fact that a small layer of helium might be adsorbed at the surface of the metal block whose heat capacity was measured. As a special investigation on this point we measured the specific heats of zinc once more, after having increased the ratio surface/mass of the block by making holes.

On the other hand we worked out a method for cooling the metal block to liquid helium temperatures without admission of helium gas into the vacuum space in which the calorimetric block is suspended, so that adsorption is not to be feared. We applied this method for a series of measurements on the specific heat of silver.

The results of the experiments on zinc with increased ratio surface/mass suggest that a small influence of the increase of the surface connected with a desorption effect is perceptible. This influence appears, however, to be by far insufficient to explain the downward bend of the θ -curve resulting from the original experiments with normal surface.

The experiments on silver cooled by contact without admission of helium into the vacuum space gave results which completely agree with those found in Comm. No. 219d.

From both series of experiments we conclude that the downward bending of the θ , T -curve has nothing to do with a layer of adsorbed helium.

The hypothesis is made that the effect is due to the heat capacity of the free electrons.

Below 3.0° K. the supplementary atomic heat for silver agrees with the heat capacity of the free electrons according to SOMMERFELD's formula, assuming 1 free electron per atom. Above 3.5° K. the heat capacity of the free electrons decreases rapidly.

¹⁾ W. H. KEESOM and J. N. VAN DEN ENDE. These Proc. **35**, 143, 1932. Comm. Leiden N^o. 219b.

²⁾ W. H. KEESOM and J. A. KOK. These Proc. **35**, 301, 1932. Comm. Leiden N^o. 219d.

For zinc no definite conclusion can be reached. The supplementary heat seems to be of the order of magnitude that results from SOMMERFELD's formula with $n=1$. We are inclined to think that the value $n=1$ is somewhat too large.

Physics. — *Ein klassisches Modell des Ferromagnetikums und seine nachträgliche Quantisierung im Gebiete tiefer Temperaturen.* Von G. HELLER und H. A. KRAMERS.

(Communicated at the meeting of June 30, 1934).

§ 1. *Uebersicht:* Das klassische Modell des Ferromagnetikums wird definiert. Nur beim Raumgitter führt es eindeutig zu ferromagnetischer Sättigung. Die naive Quantisierung dieses Modells führt genau zu den Formeln von BLOCH ¹⁾ und MØLLER ²⁾.

§ 2. *Klassische Theorie des Ferromagnetismus, im besonderen bei tiefen Temperaturen.*

Wir betrachten ein Gitter von N Atomen. Es sei $\frac{\hbar}{2} \sigma_i$ der Operator des mechanischen Moments, $\mu \sigma_i \left(\mu = \frac{e}{mc} \frac{\hbar}{2} \right)$ der Operator des magnetischen Moments des i -ten Atoms. Ist \vec{H} die äussere magnetische Feldstärke, so ist der Energieoperator, soweit er von den Spinnmomenten abhängt:

$$W = -\mu \vec{H} \sum_{i=1}^N \vec{\sigma}_i - \frac{1}{2} \sum_{s < t} I_{st} (\vec{\sigma}_s \vec{\sigma}_t) \dots \dots (1)$$

Die I_{st} sind Austauschintegrale zwischen den Atomen s und t .

Kennt man die Eigenwerte E_z dieses Operators, so kann man die Zustandssumme

$$Z(\theta, H) = \sum e^{-\frac{E_z}{\theta}}; (\theta = kT) \dots \dots (2)$$

berechnen und findet den Erwartungswert des magnetischen Moments:

$$\bar{\mu} = \theta \frac{\partial \ln Z}{\partial H} \dots \dots (3)$$

Wir nehmen mit HEISENBERG und BLOCH an, dass die I_{st} nur für Nachbarn von 0 verschieden seien und stellen uns die gleiche Aufgabe wie BLOCH, — die Berechnung von $\bar{\mu}$ für die lineare Kette, das quadratische Flächengitter und das kubische Raumgitter.

Die "klassische" Behandlung der Rechnung besteht darin, dass wir die

¹⁾ BLOCH: Zs. f. Physik, **61**, S. 206, 1930; ebenda **74**, S. 295, 1932.

²⁾ MØLLER: Zs. f. Physik, **82**, S. 559, 1933.

Operatoren der Gl. (1) als c -Zahlen im Sinne der klassischen Mechanik auffassen. Dem Spinoperator σ_i entspricht der Vektor s_i ($|s| = n$) mit den Richtungscosinussen X_i, Y_i, Z_i , ($X^2 + Y^2 + Z^2 = 1$) und Gleichung (1) lautet für die lineare Kette, wenn wir als Z -Richtung die Feldrichtung wählen:

$$W = -\mu n H \sum_{k=1}^N Z_k - \frac{1}{2} I n^2 \sum_{k=1}^N (X_k X_{k+1} + Y_k Y_{k+1} + Z_k Z_{k+1}) \quad (4)$$

wobei zum Abschluss des Gitters $X_{N+1} = X_1$ u. s. w. zu setzen ist.

Die Zustandssumme erhalten wir jetzt durch Integration von $e^{-\frac{W}{\theta}}$ über die kanonischen Koordinaten des ganzen Systems. Beschreiben wir z. B. die Spinorientierung des i -ten Atoms durch die kanonischen Koordinaten $\frac{\hbar}{2} s_{Zi}$ und φ_i und führen das Differential des Raumwinkels ein durch

$$n d\omega_i = ds_{Zi} d\varphi_i$$

so erhalten wir die Zustandssumme:

$$Z(\theta, H) = \left(\frac{\hbar}{2} n\right)^N \int e^{-\frac{W}{\theta}} d\omega_1 d\omega_2 \dots d\omega_N \dots \quad (5)$$

Die genaue Auswertung von (5) bereitet grosse mathematische Schwierigkeiten. Wir beschränken uns auf Untersuchung des Verhaltens bei tiefen Temperaturen $\theta \ll I$.

Wir können dann annehmen, dass fast alle Spins nahezu in Z -Richtung stehen. Dann können wir die Energie W nach Potenzen von X_i und Y_i entwickeln und erhalten mit $\frac{\mu H}{n I} = \alpha$:

$$W = -Nn \left(\frac{n I}{2} + \mu H \right) + \frac{I n^2}{2} \left[\sum_{k=1}^N (1 + \alpha) (X_k^2 + Y_k^2) - X_k X_{k+1} - Y_k Y_{k+1} \right] \quad (6)$$

$$d\omega_i = dX_i dY_i$$

$$Z = \left(\frac{\hbar}{2} n\right)^N \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{W}{\theta}} dX_1 \dots dX_N dY_1 \dots dY_N.$$

Praktisch ist der Integrand nur dann merklich von 0 verschieden, wenn alle X_i, Y_i sehr kleine Beträge haben. Wir dürfen die Integrationsgrenzen daher von $-\infty$ bis $+\infty$ erstrecken. (Diese Folgerung ist natürlich nur dann zulässig, wenn das Integral konvergent bleibt).

Wir gebrauchen die Integralformel:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\sum \alpha_{ik} X_i X_k} dX_1 dX_2 \dots dX_N = \pi^{\frac{N}{2}} \{ |A| \}^{-1/2} = \prod_{\lambda=1}^N \sqrt{\frac{\pi}{\Delta_\lambda}} \dots \quad (7)$$

In ihr sind a_{ik} die Koeffizienten einer symmetrischen Matrix, A ist ihre Determinante, Δ_λ ($\lambda = 1 \dots N$) sind ihre Eigenwerte.

Beweis: Es gibt reelle unitäre Matrizen U , die A auf Hauptachsen transformieren:

$$U^{-1} A U = \Delta.$$

Führen wir neue Koordinaten ein durch:

$$X_k = \sum U_{k\lambda} X'_\lambda$$

so erhalten wir:

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\sum \Delta_\lambda X'^2_\lambda} dX'_1 \dots dX'_N = \prod_{\lambda=1}^N \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\Delta_\lambda X'^2_\lambda} dX'_\lambda = \prod_{\lambda=1}^N \sqrt{\frac{\pi}{\Delta_\lambda}}.$$

Die Zustandssumme wird mit (7):

$$Z = e^{\frac{Nn}{\theta} \left(\frac{nI}{2} + \mu H \right)} \left(\frac{\hbar \theta}{In} \right)^N \frac{\pi^N}{\prod_{\lambda} \Delta_\lambda} \dots \dots \dots (8)$$

Die Δ_λ sind die Eigenwerte der quadratischen Form innerhalb eckiger Klammern in (6). Man findet sie aus den Säkulargleichungen:

$$-\frac{1}{2} u_{l-1,\lambda} + (1 + \alpha - \Delta_\lambda) u_{l,\lambda} - \frac{1}{2} u_{l+1,\lambda} = 0 \dots \dots (9)$$

Eine Lösung ist:

$$u_{l,\lambda} = e^{\frac{2\pi i}{N} l \lambda}, \Delta_\lambda = 1 + \alpha - \cos \frac{2\pi}{N} \lambda \dots \dots \dots (10)$$

Gleichung (10) liefert uns N unabhängige Eigenvektoren, also ein vollständiges System. Wir kennen also auch sämtliche Eigenwerte und somit nach (8) die Zustandssumme:

$$\ln Z = \frac{Nn}{\theta} \left(\frac{nI}{2} + \mu H \right) + N \ln \frac{\hbar \pi \theta}{In} - \sum_{\lambda=1}^N \ln \left(1 + \alpha - \cos \frac{2\pi}{N} \lambda \right).$$

Bei grossen Atomzahlen N können wir die Summe durch ein Integral über $\xi = \frac{2\pi}{N} \lambda$ ersetzen:

$$\ln Z = \frac{Nn}{\theta} \left(\frac{nI}{2} + \mu H \right) + N \ln \frac{\hbar \pi \theta}{In} - \frac{N}{2\pi} \int_0^{2\pi} \ln (1 + \alpha - \cos \xi) d\xi \dots (11)$$

Der Erwartungswert des magnetischen Moments wird nach (3) u. (11):

$$\begin{aligned}\bar{\mu} &= \theta \frac{\partial \ln Z}{\partial H} = N n \mu - \frac{N}{2\pi} \frac{\mu \theta}{n I} \int_0^{2\pi} \frac{d\xi}{1 + \alpha - \cos \xi} \\ &= N n \mu - N \frac{\mu \theta}{n I} \frac{1}{\sqrt{\alpha(\alpha+2)}}\end{aligned}$$

Für $H \rightarrow 0$ d. h. $\alpha \rightarrow 0$ divergiert dieser Ausdruck gegen $-\infty$. Dieses Resultat hat natürlich keine physikalische Bedeutung, erlaubt aber vielleicht den Schluss, dass keine Neigung zu Ferromagnetismus besteht.

Für Flächen- und Raumgitter hat man ganz analoge Rechnungen. Die Energie des einfach quadratischen Flächengitters ist:

$$\begin{aligned}W &= -n \mu H \sum_{k,l=1}^N Z_{kl} - \frac{I}{2} n^2 \sum_{k,l=1}^N (X_{k,l} X_{k+1,l} + X_{k,l} X_{k,l+1} + \\ &\quad + Y_{k,l} Y_{k+1,l} + Y_{k,l} Y_{k,l+1} + Z_{k,l} Z_{k+1,l} + Z_{k,l} Z_{k,l+1})\end{aligned}$$

Die Zustandssumme wird mit den gleichen Vernachlässigungen wie oben:

$$Z = e^{\frac{nN^2}{\theta}(nI + \mu H)} \left(\frac{\bar{h}\theta}{In} \right)^{N^2} \frac{\pi^{N^2}}{\prod_{\lambda, \mu} \Lambda_{\lambda, \mu}}$$

Das Säkularproblem zur Bestimmung der $\Lambda_{\lambda, \mu}$ lautet:

$$-\frac{1}{2}(u_{k-1,l;\lambda,\mu} + u_{k,l-1;\lambda,\mu}) + (2 + \alpha - \Lambda_{\lambda,\mu}) u_{k,l;\lambda,\mu} - \frac{1}{2}(u_{k+1,l;\lambda,\mu} + u_{k,l+1;\lambda,\mu}) = 0.$$

Die Lösungen sind:

$$\begin{aligned}u_{k,l;\lambda,\mu} &= e^{\frac{2\pi i}{N}(k\lambda + l\mu)} \\ \Lambda_{\lambda,\mu} &= 2 + \alpha - \cos \frac{2\pi}{N} k\lambda - \cos \frac{2\pi}{N} l\mu\end{aligned}$$

Wir setzen:

$$\frac{2\pi}{N} k\lambda = \xi \quad ; \quad \frac{2\pi}{N} l\mu = \eta$$

und erhalten für den Logarithmus der Zustandssumme:

$$\begin{aligned}\ln Z &= \frac{N^2 n}{\theta} (nI + \mu H) + N^2 \ln \frac{\bar{h}\pi\theta}{nI} - \\ &\quad - \left(\frac{N}{2\pi} \right)^2 \iint \ln (2 + \alpha - \cos \xi - \cos \eta) d\xi d\eta\end{aligned}$$

Der Erwartungswert des magnetischen Moments wird also für das Flächengitter:

$$\bar{\mu} = N^2 n \mu - \left(\frac{N}{2\pi} \right)^2 \frac{\mu \theta}{nI} \int_0^{2\pi} \int \frac{d\xi d\eta}{2 + a - \cos \xi - \cos \eta}$$

und in analoger Weise für das Raumgitter:

$$\bar{\mu} = N^3 n \mu - \left(\frac{N}{2\pi} \right)^3 \frac{\mu \theta}{nI} \iiint \frac{d\xi d\eta d\zeta}{3 + a - \cos \xi - \cos \eta - \cos \zeta}$$

Nur das Raumgitter behält für $a \rightarrow 0$ eine endliche Sättigung:

$$\mu_s = N^3 n \mu (1 - a \theta); \quad a = \frac{1}{2In^2} \left(\frac{1}{2\pi} \right)^3 \iiint \frac{d\xi d\eta d\zeta}{\sin^2 \frac{\xi}{2} + \sin^2 \frac{\eta}{2} + \sin^2 \frac{\zeta}{2}} \quad (12)$$

während die quantenmechanische Rechnung auf

$$\mu_s = N^3 n \mu (1 - a^1 \theta^{3/2})$$

führte.

Die voranstehende Rechnung zeigt, dass der Ferromagnetismus kein typisch quantenmechanischer Effekt ist. Die magnetische Sättigung bei tiefen Temperaturen wird zwar durch Quanteneffekte wesentlich begünstigt, tritt aber auch bei „klassischer“ Betrachtung unter den gleichen Bedingungen auf wie in der BLOCH-schen Rechnung.

Wie bereits BLOCH bemerkt, widerspricht (12) dem NERNST-schen Wärmesatz. Es liegt nahe, durch nachträgliche Quantisierung Abhilfe zu schaffen, in analogem Vorgang zu der DEBYE-schen Theorie der spezifischen Wärme.

§ 3. Die Quantisierung der Spinwellen.

Bei kleinen Abweichungen X_i und Y_i der magnetischen Momente von der Feldrichtung sind die Koordinaten $p_i = \sqrt{\frac{n\hbar}{2}} X_i$ und $q_i = \sqrt{\frac{n\hbar}{2}} Y_i$ kanonisch konjugiert. Wir gewinnen ein neues System kanonischer Variablen, indem wir die p_i und q_i kontragredienten Transformationen unterwerfen. Wir wählen U nach (7) reell und bilden

$$p_k = \sum u_{k\lambda} p'_\lambda \quad q_k = \sum (U^{-1})_{\lambda k} q'_\lambda = \sum u_{k\lambda} q'_\lambda$$

In den gestrichenen Variablen erhalten wir für die Energie der linearen Kette:

$$W = -Nn \left(\frac{nI}{2} + \mu H \right) + \frac{In}{\hbar} \sum_{\lambda=1}^N \left(1 + a - \cos \frac{2\pi}{N} \lambda \right) (p'_\lambda{}^2 + q'_\lambda{}^2)$$

Wie diese Gleichung zeigt, ist unser System ein harmonischer Oszillator in jedem der N Variablenpaare p'_λ, q'_λ und zwar mit der Frequenz:

$$\omega_\lambda = \frac{2In}{\hbar} \left(1 + \alpha - \cos \frac{2\pi}{N} \lambda \right) (13)$$

Jeder magnetische Zustand des Gitters in der Nähe der Absolut sättigung kann als Überlagerung von "Spinwellen" dieser Eigenfrequenzen angesehen werden.

Man erhält einen Eigenwert der Energie des ganzen Systems, indem man jedem Oszillator ω_λ eine beliebige Quantenzahl n_λ zuschreibt:

$$E_{n_1 n_2 \dots n_N} = -Nn \left(\frac{nI}{2} + \mu H \right) + \sum_{\lambda=1}^N n_\lambda \hbar \omega_\lambda (14)$$

Gleichung (14) enthält alle Eigenwerte des Systems. Wir berechnen nach (2) die Zustandssumme:

$$Z = \sum_{n_1=0}^{\infty} \dots \sum_{n_\lambda=0}^{\infty} \dots \sum_{n_N=0}^{\infty} e^{-\frac{E_{n_1 \dots n_N}}{\theta}}$$

Nach (14) haben wir:

$$\begin{aligned} Z &= e^{+\frac{Nn \left(\frac{nI}{2} + \mu H \right)}{\theta}} \prod_{\lambda=1}^N \sum_{n_\lambda=0}^{\infty} e^{-\frac{n_\lambda \hbar \omega_\lambda}{\theta}} \\ &= e^{\frac{Nn \left(\frac{nI}{2} + \mu H \right)}{\theta}} \prod_{\lambda=1}^N \frac{1}{1 - e^{-\frac{\hbar \omega_\lambda}{\theta}}} \\ \ln Z &= \frac{Nn}{\theta} \left(\frac{nI}{2} + \mu H \right) - \sum_{\lambda=1}^N \ln \left(1 - e^{-\frac{\hbar \omega_\lambda}{\theta}} \right) \end{aligned}$$

Wir setzen die ω_λ nach (13) ein und ersetzen die Summe wieder durch ein Integral:

$$\ln Z = \frac{Nn}{\theta} \left(\frac{nI}{2} + \mu H \right) - \frac{N}{2\pi} \int_0^{2\pi} \ln \left(1 - e^{-\frac{2In}{\theta} (1 + \alpha - \cos \xi)} \right) d\xi$$

Der Erwartungswert des magnetischen Moments wird jetzt für die lineare Kette:

$$\bar{\mu} = Nn\mu - \left(\frac{N}{2\pi} \right) 2\mu \int_0^{2\pi} \frac{d\xi}{e^{\frac{2In}{\theta} (1 + \alpha - \cos \xi)} - 1}$$

Die analoge Rechnung ergibt für das Flächengitter:

$$\bar{\mu} = N^2 n \mu - \left(\frac{N}{2\pi}\right)^2 2\mu \int_0^{2\pi} \int \frac{d\xi d\eta}{e^{\frac{2In}{\theta} (2 + \alpha - \cos \xi \zeta - \cos \eta)}} - 1$$

und für das Raumgitter:

$$\bar{\mu} = N^3 n \mu - \left(\frac{N}{2\pi}\right)^2 2\mu \int_0^{2\pi} \int \int \frac{d\xi d\eta d\zeta}{e^{\frac{2In}{\theta} (3 + \alpha - \cos \xi \zeta - \cos \eta \zeta - \cos \xi \eta)}} - 1$$

Das ist genau die Formel von MØLLER, wenn man das Integral noch durch die Entwicklung:

$$\cos \xi = 1 - \frac{\xi^2}{2} \dots$$

auswertet.

In dieser Verbindung ist es vielleicht nicht uninteressant zu bemerken, dass man die MØLLERSche Rechnung dahin deuten kann, dass nur diejenigen Zustände des Gitters in Betracht gezogen werden, bei denen fast alle Atome in Richtung des Magnetfeldes das Spinnmoment $\frac{n}{2} \hbar$

besitzen und die wenigen übrigen das Spinnmoment $\left(\frac{n}{2} - 1\right) \hbar$ also nur um eine Quantenzahl weniger. Damit korrespondiert im klassischen Bild die Annahme, dass die Spinrichtungen nur wenig von der Feldrichtung abweichen.

Die vollständige Uebereinstimmung der voranstehenden Rechnung mit der Theorie von BLOCH führt zu einer sehr anschaulichen Deutung der BLOCHschen Spinwellen. Ihr Träger ist ein System von durch Austauschkräfte elastisch gekoppelten Spins. Dem Zustand, dass n Spinablenkungen gemäss der DE BROGLIE-Welle

$$e^{\frac{2\pi i}{N} (kx + l\lambda + m\mu)}$$

durch das Gitter wandern korrespondiert eine Anregung des n -ten Quantenzustandes der klassisch berechneten Eigenfrequenz

$$\omega_{k\lambda\mu} = \frac{2In}{\hbar} \left(3 + \alpha - \cos \frac{2\pi}{N} k - \cos \frac{2\pi}{N} \lambda - \cos \frac{2\pi}{N} \mu \right).$$

Die Bosestatistik der elastischen Eigenschwingungen ist mit der BLOCHschen "Summe von Bosegasen" identisch.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die genaue Uebereinstimmung unserer Rechnung mit den Resultaten von BLOCH und MØLLER kaum von vornherein klar war, denn die von uns eingeführten Normalkoordinaten p'_λ, q'_λ entsprechen keineswegs wohldefinierten quantenmechanischen

Operatoren. Damit hängt wohl auch zusammen, dass wir in (14) die Nullpunktsenergie fortlassen mussten um Uebereinstimmung mit der quantenmechanischen Rechnung bezüglich des Absolutwertes der Energie und der magnetischen Sättigung zu erbringen.

Utrecht, Juni 1934.

Physics. — *Farbenerkennungsprüfungen mit Rücksicht auf die Brauchbarkeit von Signalgläsern.* Von L. S. ORNSTEIN, Mej. J. G. EYMERS und D. VERMEULEN. (Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Universität Utrecht).

(Communicated at the meeting of June 30, 1934).

Es ist für den praktischen Wert von Signalgläsern von grosser Wichtigkeit, festzustellen, ob ein Filter von bestimmtem Farb- und Helligkeitswert unter gegebenen Umständen in eine der als rot, orange, gelb, grün oder blau bezeichneten Gruppen eingeordnet werden kann ¹⁾. Eine vorläufige Untersuchung in dieser Richtung wurde von uns in der Weise vorgenommen, dass Spektralfarben verschiedener Wellenlänge und bekannter Intensität auf dunklem Hintergrund für Dämmerlicht adaptierten Beobachtern dargeboten wurden, wobei diese, ohne zu überlegen, die Farbe mit einem der Worte rot, orange, gelb, grün, blau, zweifelhaft, grau oder nichts bezeichnen mussten. In der Zeit zwischen zwei Farbandbietungen sassen die Beobachter im Dunkel. Die Reihenfolge der Farben wurde willkürlich gewählt. Es wurde festgestellt, dass die Geschwindigkeit, mit der die aufeinander folgenden Farben gezeigt wurden, auf die Bezeichnung keinen Einfluss hatte.

Die Herstellung des Farbscheibchens geschah durch Abbildung einer Bandlampe durch einen Monochromator hindurch auf ein Mattglas. Das Scheibchen war rechteckig, 4 mm hoch und 2 mm breit. Die Flächenhelligkeit des Bildes wurde mit Hilfe eines geeichten Spektralpyrometers als Funktion der Wellenlänge gemessen. Tabelle 1 gibt die Helligkeiten der Abbildung auf dem Mattglas für die verschiedenen Farben, angegeben in erg. pro sec. Raumwinkel, cm². Die Monochromatorspalte wurden so eng eingestellt, dass ein Farbunterschied innerhalb des durchgelassenen Gebietes nicht in Erscheinung trat. Die verschiedenen Intensitäten derselben Farbe wurden durch Diaphragmierung erhalten.

Der in den Tabellen mit Nr. 7 bezeichnete Versuch ist mit für Dunkelheit adaptierten Personen vorgenommen; man erkennt daraus den grossen Einfluss, den dieser Faktor auf die Erkennung der Farbe ausübt.

¹⁾ Was man gewöhnlich „gelb“ nennt, gilt in der Terminologie der Eisenbahn als weiss, was man „orange“ nennt, als gelb.

BENENNUNG

Wellen- länge	Expe- riment	Energie	Rot	Orange	Gelb	Weiss	Grün	Blau	Zweifel	Grau	Nichts
6670 Å	1	245 erg.	99 ⁰ / ₀	—	—	—	—	—	—	—	10 ⁰ / ₀
—	4	31.2	92	—	—	—	—	—	—	—	8
—	3	24.2	96	—	—	—	—	—	—	—	4
—	5	1.56	18	—	—	—	—	—	—	—	82
—	7	1.16	48	—	—	—	—	—	—	40 ⁰ / ₀	48
—	6	0.60	8	—	—	—	—	—	—	—	92
6460	1	150	100	—	—	—	—	—	—	—	—
—	4	22.5	100	—	—	—	—	—	—	—	—
—	3	14.8	100	—	—	—	—	—	—	—	—
—	5	1.14	42	—	—	—	—	—	—	—	58
—	7	0.83	80	—	—	—	—	—	—	—	20
—	6	0.43	44	—	—	—	—	—	—	—	56
6300	1	116	95	10 ⁰ / ₀	—	—	—	—	40 ⁰ / ₀	—	—
—	4	18.2	100	—	—	—	—	—	—	—	—
—	3	11.5	100	—	—	—	—	—	—	—	—
—	5	0.91	68	2	—	—	—	—	—	6	24
—	7	0.67	100	—	—	—	—	—	—	—	—
—	6	0.35	80	—	—	—	—	—	4	4	12
6110	1	88.5	75	15	—	—	—	—	10	—	—
—	4	13.7	88	4	—	—	—	—	8	—	—
—	3	8.75	96	—	—	—	—	—	4	—	—
—	5	0.70	92	—	—	—	—	—	2	2	4
—	7	0.51	84	16	—	—	—	—	—	—	—
—	6	0.265	80	8	—	—	—	—	4	4	4
5930	1	66.2	2	80	90 ⁰ / ₀	—	—	—	9	—	—
—	4	10.2	24	52	—	—	40 ⁰ / ₀	—	20	—	—
—	3	6.52	16	56	—	—	—	—	28	—	—
—	5	0.53	58	36	2	—	—	—	4	—	—
—	7	0.375	52	36	4	—	4	—	4	—	—
—	6	0.194	52	36	4	—	—	—	4	4	—

BENENNUNG

Wellen- länge	Expe- riment	Energie	Rot	Orange	Gelb	Weiss	Grün	Blau	Zweifel	Grau	Nichts
5815 Å	1	54.8 erg.	—	44 ⁰ / ₀	44 ⁰ / ₀	—	—	—	12 ⁰ / ₀	—	—
—	4	8.35	8 ⁰ / ₀	20	44	—	4 ⁰ / ₀	—	24	—	—
—	3	5.40	—	—	88	4 ⁰ / ₀	—	—	8	—	—
—	5	0.42	22	18	48	—	—	—	2	10 ⁰ / ₀	—
—	7	0.31	8	4	60	—	4	—	16	8	—
—	6	0.16	16	8	52	—	12	—	8	4	—
5760	1	49.4	—	2	78	—	4	—	16	—	—
—	4	7.54	4	—	64	8	16	—	8	—	—
—	3	4.87	—	—	68	16	4	—	12	—	—
—	5	0.38	8	10	70	—	—	—	2	10	—
—	7	0.278	—	—	60	12	8	—	4	16	—
—	6	0.145	—	8	60	—	12	—	8	12	—
5680	1	43.0	—	—	39	—	31	—	30	—	—
—	4	6.65	4	—	36	8	16	—	36	—	—
—	3	4.23	—	4	48	4	6	—	38	—	—
—	5	0.335	2	2	46	10	12	—	8	18	2 ⁰ / ₀
—	7	0.245	—	—	36	—	16	—	28	20	—
—	6	0.128	—	—	36	—	16	—	28	20	—
5640	1	39.8	—	—	20	—	54	—	26	—	—
—	4	6.1	—	—	20	—	56	—	24	—	—
—	3	3.92	—	—	8	4	40	—	48	—	—
—	5	0.31	—	2	32	—	24	6 ⁰ / ₀	12	24	—
—	7	0.226	—	—	8	—	52	—	24	16	—
—	6	0.116	—	4	28	—	16	—	12	40	—
5550	1	33.5	—	—	7	—	83	—	10	—	—
—	4	5.03	4	—	—	—	88	—	8	—	—
—	3	3.30	—	—	—	—	88	—	12	—	—
—	5	0.255	—	—	8	—	52	12	8	20	—
—	7	0.185	—	—	—	—	80	4	12	4	—
—	6	0.097	—	—	8	—	60	—	24	8	—

BENENNUNG

Wellen- länge	Expe- riment	Energie	Rot	Orange	Gelb	Weiss	Grün	Blau	Zweifel	Grau	Nichts
5530 Å	1	31.8 erg.	—	—	20/0	—	96/0	—	20/0	—	—
—	4	4.85	—	—	—	—	100	—	—	—	—
—	3	3.15	—	—	—	—	92	40/0	4	—	—
—	5	0.242	20/0	—	8	—	62	12	6	100/0	—
—	7	0.178	—	—	4	—	76	12	4	4	—
—	6	0.092	—	—	4	—	48	12	12	4	—
5360	1	22.3	—	—	1	—	96	—	3	—	—
—	4	3.31	—	—	—	—	96	—	4	—	—
—	3	2.20	—	—	—	—	92	4	4	—	—
—	5	0.166	2	—	8	—	54	12	4	20	—
—	7	0.122	—	—	—	—	76	12	8	4	—
—	6	0.064	—	—	4	—	76	4	12	4	—
5270	1	17.5	—	—	1	—	96	—	3	—	—
—	4	2.58	—	—	—	—	96	4	—	—	—
—	3	1.72	—	—	—	—	84	8	8	—	—
—	5	0.13	—	—	—	—	50	16	8	26	—
—	7	0.095	—	—	—	—	72	12	8	8	—
—	6	0.049	—	—	8	—	40	28	20	4	—
5150	1	12.8	—	—	—	—	97	—	3	—	—
—	4	1.85	—	—	—	—	92	—	8	—	—
—	3	1.26	—	—	—	—	80	12	8	—	—
—	5	0.092	—	—	6	—	48	24	6	16	—
—	7	0.070	—	—	—	—	60	24	12	4	—
—	6	0.036	4	—	—	—	48	16	4	28	—
5020	1	8.60	—	—	—	—	66	13	21	—	—
—	4	1.32	—	—	—	—	84	—	16	—	—
—	3	0.85	—	—	—	—	62	12	26	—	—
—	5	0.067	—	2	10	—	16	22	4	46	—
—	7	0.049	—	—	4	—	38	28	4	26	—
—	6	0.025	—	—	4	—	16	16	8	52	4

BENENNUNG

Wellenlänge	Experiment	Energie	Rot	Orange	Gelb	Weiss	Grün	Blau	Zweifel	Grau	Nichts
4940 Å	1	6.85 erg	—	—	—	—	23 ⁰ / ₀	55 ⁰ / ₀	22 ⁰ / ₀	—	—
—	4	0.98	—	—	—	—	72	12	16	—	—
—	3	0.63	—	—	—	—	60	16	24	—	—
—	5	0.049	—	—	—	—	18	18	4	58 ⁰ / ₀	2
—	7	0.036	4 ⁰ / ₀	—	—	—	16	12	16	52	—
—	6	0.019	—	—	—	—	8	16	12	64	—
4870	1	5.73	—	—	—	—	2	93	5	—	—
—	4	0.75	—	—	—	—	44	40	16	—	—
—	3	0.57	—	—	—	—	40	44	16	—	—
—	5	0.0375	2	—	—	—	14	22	4	58	—
—	7	0.0277	—	—	—	—	12	16	8	64	—
—	6	0.0144	—	—	—	—	8	24	4	64	—
4800	1	4.77	—	—	—	—	—	98	2	—	—
—	4	0.60	—	—	—	—	24	48	28	—	—
—	3	0.47	—	—	—	—	32	48	20	62	—
—	5	0.030	2	—	—	—	14	22	—	62	—
—	7	0.022	—	—	—	—	16	32	—	52	—
—	6	0.0115	—	—	—	—	—	32	8	60	—
4775	1	4.38	—	—	—	—	—	98	2	—	—
—	4	0.55	—	—	—	—	16	68	16	—	—
—	3	0.43	—	—	—	—	—	76	24	—	—
—	5	0.028	2	—	—	—	10	22	8	56	2
—	7	0.020	—	—	—	—	16	24	4	52	4
—	6	0.011	—	—	—	—	12	24	—	64	—
4660	4	0.41	—	—	—	—	4	84	8	—	4
—	5	0.021	—	2	—	—	8	14	—	76	—
—	7	0.015	—	—	—	—	—	8	4	88	—
—	6	0.008	4	—	—	—	—	4	—	88	4
4545	4	0.30	—	—	—	—	12	76	4	4	4
—	5	0.015	—	—	—	—	8	4	6	80	2
—	7	0.011	—	—	—	—	—	8	—	88	4
—	6	0.0057	—	—	—	—	—	4	—	92	4

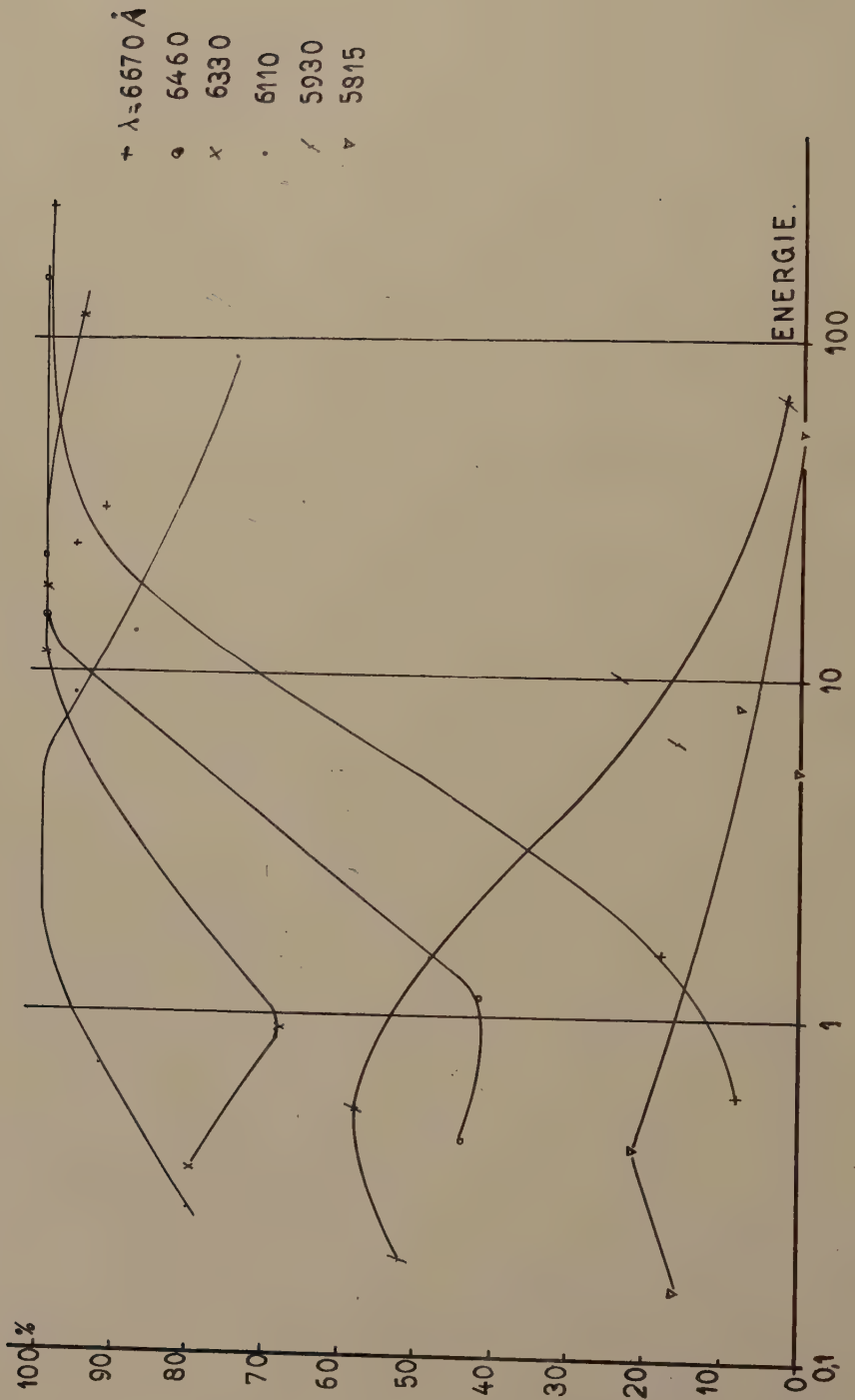


Fig. 1.

Für weitere Prüfungen sollen auch verschiedene andere Bedingungen, von denen die Sättigung eine sehr wichtige Rolle spielt, variiert werden.

In den unten stehenden Tabellen ist für verschiedene Wellenlänge zwischen 6670 und 4540 Å der Bruchteil der Personen angegeben, die für die betreffende Farbe ein bestimmtes Wort angaben. Es nahmen teil an

Versuch 1 153 Personen				Versuch 5 50 Personen			
"	3	25	"	"	6	25	"
"	4	25	"	"	7	25	"

Versuchspersonen, die mehr oder weniger farbenblind waren, wurden für die Versuche nicht verwendet.

Obwohl aus den Versuchsergebnissen Schlüsse in Bezug auf Signalgläser nicht gezogen werden sollen, bevor nicht auch Resultate für andere Sättigung, anderen Adaptionszustand und andere Umgebung vorliegen, sei auf den Einfluss der Intensität auf die Farbenbenennung, der aus den bisher erhaltenen Resultaten deutlich hervorgeht, schon jetzt hingewiesen. So zeigt sich im roten Gebiet die Erscheinung, dass für schwache Intensitäten orange als rot bezeichnet wird, während rot entweder richtig erkannt oder gar nicht gesehen wird. Im Gegensatz dazu verschwindet im Blauen der Farbeindruck vor dem Lichteindruck, was man daran erkennt, dass dort die Bezeichnung „grau“ auftritt.

Eine graphische Darstellung der Ergebnisse für Rot möge die Bedeutung noch näher beleuchten. Als Abszisse ist die Energie in logarithmischer Skala, als Ordinate der Prozentsatz der Personen aufgetragen, die eine bestimmte Wellenlänge als „rot“ bezeichneten. Um auf eine räumliche Darstellung verzichten zu können, ist die Wellenlänge als Parameter gewählt worden. (Versuch Nr. 7 ist in dieser Darstellung wegen des besonderen Adaptionszustandes der Versuchspersonen nicht berücksichtigt worden).

Wir danken Herrn Dr. VAN MILAAN herzlich für seine Hilfe bei den Messungen.

Mathematics. — *Eine Abbildung der Kongruenz der kubischen Raumkurven durch vier Punkte, die zwei feste Geraden treffen.*
Von JAN DE VRIES.

(Communicated at the meeting of June 30, 1934.)

§ 1. Die kubischen Raumkurven ϱ^3 , welche die Punkte B_1, B_2, B_3, B_4 enthalten und die Geraden c', c'' treffen, bilden eine Kongruenz, für welche SCHAAKE eine Abbildung auf das ebene Punktfeld angegeben hat. ¹⁾ In der vorliegenden Arbeit benutze ich eine andere Abbildung.

¹⁾ Versl. K. A. v. W. XXXV, 374; Proceedings XXIX, 1020.

Als Bild der ϱ^3 , welche c' in C_1 , c'' in C_2 trifft, betrachte ich die Spur P der Gerade C_1C_2 in der vorgegebenen Ebene E . Einem Punkte P entspricht i. a. eine ϱ^3 der Kongruenz K .

Die Spuren U_1 , U_2 von c' , c'' sind *Ausnahmepunkte*; U_1 ist nämlich sämtlichen ϱ^3 zugeordnet, welche den Punkten C_2 von c'' entsprechen.

Die Gerade U_1U_2 ist das Bild der durch U_1 und U_2 bestimmten Kurve ϱ_0^3 .

§ 2. Die kubischen Raumkurven durch einen Punkt c_1 und die vier Punkte B_k bilden eine Kongruenz von REYE¹⁾. Die Kurven dieser Kongruenz, welche sich auf eine Gerade stützen, bilden eine Fläche fünften Grades. Demnach trägt ein beliebig gewählter Punkt 5 ϱ^3 von K .

Folglich gibt es in K fünf ϱ^3 durch U_1 , welche eine vorgegebene Gerade l treffen. Die Bildkurve λ des Systems \mathcal{A} der ϱ^3 , welche l schneiden, hat demnach in U_1 einen *fünffachen Punkt*. Analog ist U_2 *fünffach* auf λ . Weil l i. a. die Kurve ϱ_0^3 nicht trifft, wonach λ keine Punkte P auf U_1U_2 besitzt, ist die Bildkurve eine λ^{10} , mit *fünffachen Punkten* U_1 , U_2 .

§ 3. In der durch B_1 , B_2 und B_3 gelegten Ebene β_{123} liegt ein Kegelschnitt δ_4^2 der c' in C_4' , c'' in C_4'' trifft; er wird zu einer ausgearteten ϱ^3 ergänzt durch jede Erzeugende d_k der Kegelfläche k_4^2 , die ihn aus B_4 projiziert. Das System Σ_4 dieser Figuren wird abgebildet in die Spur S_4 der Gerade $C_4' C_4''$.

Weil l zwei dieser Figuren trifft, hat die Bildkurve λ^{10} einen *Doppelpunkt* in S_4 . Die Bildpunkte S_1, S_2, S_3 der analogen Systeme $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3$ sind ebenfalls *Doppelpunkte* von λ^{10} .

§ 4. Die Gerade b_4 durch B_4 , die c' und c'' schneidet, bestimmt mit B_1, B_2, B_3 in B_{123} ein Büschel von Kegelschnitten α_4^2 , die mit b_4 ein System $[a_4]$ von ausgearteten ϱ^3 bilden, welches abgebildet wird in die Spur T_4 von b_4 . Analog gibt es die singulären Punkte T_1, T_2, T_3 als Bilder der Systeme $[a_1], [a_2], [a_3]$. Die Bildkurve λ^{10} enthält ersichtlich die *vier singulären Punkte* T_k .

Die kubischen Kurven durch B_k , welche eine Gerade l je zweimal treffen, bilden eine Kongruenz, in welcher es vier Kurven gibt, die zwei vorgegebene Geraden schneiden²⁾. Demnach gibt es in dem System \mathcal{A} vier ϱ^3 , welche l je zweimal begegnen; sie sind offenbar Doppelkurven der Fläche \mathcal{A} und werden in λ^{10} durch vier Doppelpunkte vertreten, deren Lage mit l wechselt.

¹⁾ Eigenschaften und Abbildungen dieser Kongruenz habe ich angegeben in meinen Arbeiten in Versl. K. A. v. W. XXXVI, 740, XXXVII, 371; Proceedings XXX, 850, XXXI, 626.

²⁾ Die Eigenschaften dieser Kongruenz habe ich in einer Arbeit in Versl. XXXII, 135; Proc. XXVI, 126 erörtert.

§ 5. Es gibt in K noch andere Systeme von ausgearteten Kurven. Die Kurven β_{12}^2 durch B_1 und B_2 , die sich auf c' , c'' und b_{34} (B_3B_4) stützen, bilden ein *Dimonoid*, Δ_{12}^4 , mit dreifachen Punkten in B_1 , B_2 ; die beiden Transversalen t über b_{12} , b_{34} , c' , c'' bilden nämlich mit b_{12} zwei ausgeartete Kurven β_{12}^2 , wonach b_{12} eine doppelte torsale Gerade des Ortes der β_{12}^2 ist.

Die Kurven β_{12}^2 werden durch b_{34} zu Figuren ϱ^3 ergänzt. Die Transversalen t von b_{12} , c' und c'' bilden eine quadratische Regelschar; hieraus erhellt, dass das System Δ_{12} von ausgearteten ϱ^3 auf einen Kegelschnitt δ_{12}^2 abgebildet wird, der die singulären Punkte U_1 , U_2 enthält.

In diesem System gibt es eine Figur, welche aus dem Kegelschnitt δ_4^2 der Ebene β_{123} (§ 3) und der Gerade b_{34} besteht, somit auch dem Systeme Σ_4 angehört. Daher enthält δ_{12}^2 auch den singulären Punkt S_4 und, analog, den Punkt S_3 . Das *Bild* des Systems Δ_4 ist folglich als δ_{12}^2 ($U_1 U_2 S_3 S_4$) zu bezeichnen.

§ 6. Die Kegelschnitte γ^2 der Ebene β_{123} , welche durch B_1 , B_2 , B_3 und die Spur C_4' von c' gelegt werden, bilden je eine ϱ^3 mit der Gerade b_4'' durch B_4 , welche c'' und γ^2 trifft. Jedem Strahl des Büschels (b_4'') ist eine γ^2 zugeordnet; hingegen trifft jede γ^2 zwei Strahlen b_4'' , gehört also zwei Figuren ϱ^3 an.

Das System Σ_4'' der Figuren (γ^2 , b_4'') wird abgebildet auf die Gerade g_4'' in welcher E durch die Ebene ($B_4 c''$) getroffen wird; diese *Bildgerade* enthält offenbar den Punkt U_2 .

Die Kurve γ^2 , welche c'' begegnet, bildet mit einer Gerade eine Figur, die auch dem System Σ_4 angehört; somit ist g_4'' die Gerade welche U_2 mit S_4 verbindet.

Analog gibt es ein System Σ_4' mit der Bildgerade g_4' ($U_1 S_4$). Im ganzen gibt es vier Systeme Σ_k' , mit *Bild* g_k' ($U_1 S_k$) und vier Systeme Σ_k'' , mit *Bild* g_k'' ($U_2 S_k$).

§ 7. Zwei Bildkurven λ^{10} begegnen sich, ausser in den singulären Punkten U , S und T , in $100 - 2 \times 25 - 4 \times 4 - 4$, also in 30 Punkten P . Die Kongruenz K enthält daher *dreissig* ϱ^3 , welche *zwei vorgegebene Geraden* treffen.

Die Kurven ϱ^3 , welche eine Gerade l treffen, bilden demnach eine Fläche dreissigsten Grades.

Weil l vier Kegelschnitte von jedem der Dimonoide Δ^4 schneidet, enthält Λ^{30} , dem entsprechend, 24 Kegelschnitte β^2 , und die sechs Geraden b sind vierfach auf der Fläche.

Die Gerade l hat für Λ ersichtlich dieselbe Bedeutung wie c' und c'' . Hieraus erhellt, dass der Schnitt von Λ mit β_{123} aus drei vierfachen Geraden (b_{12} , b_{13} , b_{23}), aus drei Doppelkegelschnitten und aus drei einfachen Kegelschnitten besteht.

Die Geraden c' , c'' und l sind fünffach auf A^{30} (§ 2). Ausser diesen und den 6 vierfachen Geraden trägt die Fläche 12 Doppelkurven ϱ^3 (§ 4), 12 Doppelkegelschnitte, 36 einfache Kegelschnitte und 12 Geraden (durch jeden Punkt A drei).

§ 8. Die Punkte P , welche die Kurven δ_{12}^2 und δ_{34}^2 gemein haben, vertreten die zwei Figuren, die aus b_{12} , b_{34} und einer der beiden Transversalen von b_{12} , b_{34} , c' und c'' bestehen.

Die Gerade $g_1''(U_2 S_1)$ trifft δ_{12}^2 noch in einem Punkte P ; dieser ist das Bild der Figur, die aus b_{34} , der Transversale b_2' aus B_2 über b_{34} und c' , und der Transversale b_1'' aus B_1 über b_2' und c'' besteht.

Der Schnittpunkt der Geraden $g_1''(U_2 S_1)$ und $g_2'(U_1 S_2)$ vertritt die Figur, welche aus b_{34} und den Transversalen b_1'' (aus B_1 über c'' , b_{34}) und b_2' (aus B_2 über c' , b_{34}) besteht.

Es gibt noch eine Gruppe von ϱ^3 , welche aus je drei Geraden bestehen. Im System $[a_4]$ gibt es drei Geradenpaare; diese werden zu Figuren ϱ^3 ergänzt durch die Gerade b_4 (aus B_4 über c' , c'') und in den singulären Punkt T_4 abgebildet.

Im ganzen gibt es in K $6 + 24 + 12 + 12$, also 54 aus je drei Geraden gebildete Figuren.

§ 9. Durch einen Punkt C_1 von c' lassen sich 10 Kurven ϱ^3 legen, welche eine vorgegebene Ebene φ berühren; denn die Kurven ϱ^3 durch die 5 Punkte C_1 und B_k , welche φ berühren, bilden eine Fläche zehnten Grades¹⁾.

Die Bildkurve des Systems Φ der ϱ^3 aus K , welche φ berühren, hat somit zehnfache Punkte in U_1 und U_2 , ist demnach eine Kurve φ^{20} .

In β_{123} gibt es 2 Kurven α_4^2 , die φ berühren, wonach T_4 Doppelpunkt der φ^{20} ist.

Wenn φ durch den Schnittpunkt D des Kegelschnitts und der Gerade einer ausgearteten ϱ^3 gelegt wird, gibt es dort eine uneigentliche Berührung: es sei x die Anzahl der Figuren, welche eine solche Ausartung im System Φ ersetzt.

Im System Σ_4 wird δ_4^2 durch φ in zwei Punkten D getroffen; folglich ist S_4 ein $2x$ facher Punkt der Bildkurve φ .

Im System Σ_1'' werden 2 Kegelschnitte durch φ berührt; sie gehören je 2 ausgearteten ϱ^3 an. Ausserdem gibt es einen Punkt D , im Schnittpunkt von φ mit einem Strahl b_1'' ; die betreffende ϱ^3 vertritt x Figuren von Φ .

Weil g_1'' die Kurve φ^{20} noch in U_2 und S_1 trifft, gilt die Gleichung $(4 + x) + 10 + 2x = 20$, wonach $x = 2$ ist. Die sprachliche uneigentliche Berührung ist also doppelt zu zählen.

¹⁾ Sieh Fussnote (1) bei § 2.

Die Bildkurve φ^{20} hat demnach 2 zehnfache Punkte (U_1, U_2) , 4 vierfache Punkte S_k und 4 Doppelpunkte T_k .

Sie begegnet einer λ^{10} ($U_1^5 U_2^5 S_k^2 T_k$) in 60 Punkten P . Die φ^3 , welche φ berühren, bilden folglich eine Fläche sechszigsten Grades.

Chemistry. — *Complex Salts of α - α' -Dipyridyl with Bivalent Copper.*

By F. M. JAEGER and J. A. VAN DIJK.

(Communicated at the meeting of June 30, 1934).

§ 1. Because indications are found in the literature of the subject concerning the existence in solution of complex cupric salts with a different number of ammonia-, pyridine-, and chinoline-molecules, — more especially in the case of coppernitrate and coppersulphate ¹⁾, — we first tried to obtain the corresponding complex dipyridylcoppersalts. As a first object we tried Coppermalonate. This salt was prepared by the interaction of the theoretical quantity of malonic acid and freshly precipitated, thoroughly washed, colloidal cupric hydroxide. It crystallizes (+ 3 H₂O) in the rhombic and pseudotetragonal form already described by HAUSHOFER ²⁾; the crystals are almost always parallel-growths in the shape of more or less perfect rhombic bipyramids and occasionally penetration-twins. The axial ratio of each single individuum and the optical properties were in complete agreement with those mentioned by HAUSHOFER: moreover, we observed the well-developed form {101}, which was not observed by the German author.

Aqueous solutions of this salt were mixed with 1, 2 and 3 equivalents of dipyridyl respectively in alcoholic solution and heated on the water-bath. Although the colour of the mixed solutions becomes more reddish-violet, the greater quantity of dipyridyl added is, — in all cases only a mono-dipyridyl-salt could be isolated, the excess of dipyridyl being deposited in the final motherliquors. The salt obtained crystallizes in parallelogram-shaped, flat, triclinic plates, which are often twins and which have a more or less dark blue colour: the differently coloured salts, however, all proved to have the same composition, their analysis yielding: 17,73 % Cu, 7,76 % N and 10,16 % H₂O. This corresponds to the formula: $\left\{ Cu \begin{smallmatrix} (Dipyr) \\ (H_2O)_2 \end{smallmatrix} \right\} (C_3H_2O_4), \left\{ Cu \begin{smallmatrix} (Dipyr) \\ (C_3H_2O_4) \end{smallmatrix} \right\} + 2 H_2O$, or, — if

the coordination-number is six, — perhaps to the formula: $\left\{ Cu \begin{smallmatrix} (Dipyr) \\ (C_3H_2O_4) \\ (H_2O)_2 \end{smallmatrix} \right\}$.

The water present is readily given off at 95° C.; the complex salt is

¹⁾ M. AUMÉRAS and A. TAMISIER, Bull. de la Soc. Chim. de France, (4), 53, (1933), 97, 102, 105, 111.

²⁾ K. HAUSHOFER, Zeits. f. Kryst. 6, (1882), 120.

soluble in alcohol and the solution yields only a slight precipitate of silvermalonate, if silvernitrate is added to it; the precipitate, however, on standing gradually augments. It is, therefore, most likely, that the true composition is expressed by the latter formula and that, on contact with the aqueous solution, the salt is gradually changed into the salt of a composition as expressed by the first. This fact perhaps explains also the different colour of the preparations obtained. The triclinic crystals were measured by means of the bicircular goniometer¹⁾; they yielded the following angular values:

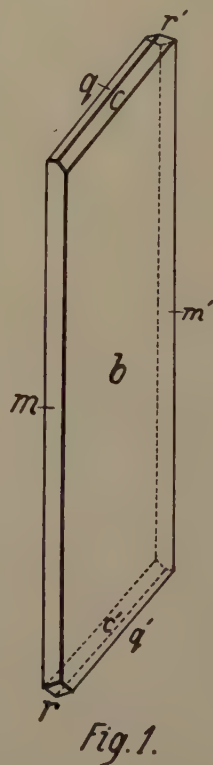
	Observed:	Calculated:
$b : c = (010) : (001) =^*$	$69^\circ 25'$	—
$b : r = (010) : (\bar{1}01) =^*$	$83 \quad 43$	—
$b : m = (010) : (\bar{1}10) =^*$	$54 \quad 16$	—
$b : q = (0\bar{1}0) : (0\bar{1}1) =^*$	$69 \quad 13$	—
$m : q = (1\bar{1}0) : (0\bar{1}1) =^*$	$66 \quad 45$	—
$m : c = (1\bar{1}0) : (001) =$	$90 \quad 52$	$90^\circ 54'$
$c : a = (001) : (100) =$	—	$75 \quad 42$

The forms observed are: $b = \{010\}$ predominant and very well reflecting; $m = \{1\bar{1}0\}$, narrow, yielding good reflections; $c = \{001\}$, very well developed and giving sharp images; $r = \{\bar{1}01\}$, small, giving somewhat dull reflections; $q = \{0\bar{1}1\}$, small, often absent. The crystals are tabular parallel to $\{010\}$ and often twins with the c -axis as twinning-axis; in goniometrical respect, the plane $\{1\bar{1}0\}$ is a plane of pseudo-symmetry. The crystals are perfectly cleavable parallel to $\{001\}$. The angular values show, with different individuals, rather appreciable oscillations.

The symmetry is triclinic-pinacoidal; the axial ratio, as deduced from the measurements, is:

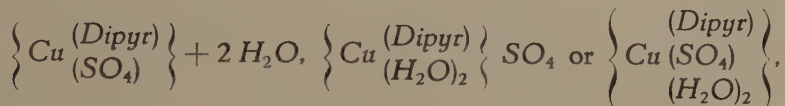
$$\begin{aligned}
 a : b : c &= 1,019 : 1 : 0,7045; \\
 A &= 110^\circ 35\frac{1}{2}' ; \quad \alpha = 105^\circ 20' \\
 B &= 109 \quad 51 \quad ; \quad \beta = 104 \quad 18 \\
 C &= 110 \quad 27\frac{1}{2} \quad ; \quad \gamma = 105 \quad 9
 \end{aligned}$$

The extinction on $\{010\}$ is oblique: about 15° with respect to the direction of the c -axis and in the twins mentioned above it is symmetrical with respect to the plane of pseudo-symmetry. The crystals are strongly dichroïtic: on $\{010\}$ for vibrations almost perpendicular to the plane $\{001\}$: bluish white; for those perpendicular to this direction: dark-blue.



¹⁾ By Dr. TERPSTRA.

§ 2. As no other complex salt than this *mono-dipyridyl-salt* could be obtained, similar experiments were made, starting with *coppersulphate*: $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ and dipyridyl in alcoholic solution. Indeed, now we were able to obtain *two* different complex-salts: a pale blue *mono-dipyridyl-* and a dark blue *tri-dipyridyl-salt* of the compositions;



and $\left\{ \text{Cu} (\text{Dipyr})_3 \right\} \text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$ respectively.

If to a cold solution of 1 equivalent crystallized coppersulphate respectively 1, 2 or 3 equivalents of dipyridyl in a cold alcoholic solution are added, the blue colour of the solution turns to a deep violet and in the two first cases a pale blue, crystalline precipitate is formed, which is filtered-off, washed with water and dried. Its analysis yields the following data: 17,85% Cu; 10,70% H_2O ; 7,13–7,8% N. This corresponds to the *mono-dipyridyl-salt*: $\left\{ \text{Cu} \begin{smallmatrix} (\text{Dip}) \\ (\text{SO}_4) \end{smallmatrix} \right\} + 2\text{H}_2\text{O}$. The pale

blue salt is very sparingly soluble and has already been obtained by BLAU¹⁾; its water of crystallisation is partially given-off at 100° C., completely at about 120° C.

On the contrary, from the dark violet solution containing 3 equivalents of dipyridyl, on slow evaporation at room-temperature big dark-blue crystals of another salt are deposited. This is the *tri-dipyridyl-salt*: $\left\{ \text{Cu} (\text{Dip})_3 \right\} \text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$, as was proved by analysis: 8,44% Cu; 61,8% dipyridyl; 16,77% H_2O ²⁾; calculated: 8,43% Cu; 62,1% dipyridyl and 16,72% H_2O .

The complex salt crystallizes in monoclinic, tabular crystals of rectangular habitus, which allow accurate measurements (Fig. 2). The symmetry is monoclinic-prismatic; the axial ratio is:

$$a : b : c = 1,5466 : 1 : 0,9082 ; \\ \beta = 82^\circ 8'.$$

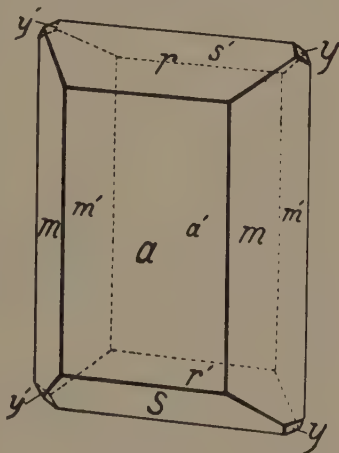


Fig. 2.

Forms observed: $a = \{100\}$, broad, and very well reflecting; predominant, $m = \{110\}$, $r = \{101\}$ and $s' = \{101\}$, all about equally well developed and yielding good reflections; $x = \{121\}$ and $y = \{011\}$, small, dull and only

¹⁾ F. BLAU, Monatsh. f. Chem., 19, (1898), 684.

²⁾ On heating, the crystals loose dipyridyl; the water-content, therefore, must be determined by keeping the powdered substance above concentrated sulphuric acid at roomtemperature.

approximately measurable; x often absent. The crystals are tabular parallel to $\{100\}$.

Angular Values:	Observed:	Calculated:
$a : m = (100) : (110) =^*$	$56^\circ 52'$	—
$a : r = (100) : (101) =^*$	$53 \quad 49\frac{1}{2}$	—
$a' : s' = (\bar{1}00) : (\bar{1}01) =^*$	$65 \quad 33$	—
$m : m' = (110) : (\bar{1}10) =$	$66 \quad 16$	$66^\circ 16'$
$r : s = (101) : (\bar{1}01) =$	$60 \quad 37\frac{1}{2}$	$60 \quad 37\frac{1}{2}$
$m' : s' = (\bar{1}10) : (\bar{1}01) =$	$76 \quad 59$	$76 \quad 55\frac{1}{2}$
$m' : x = (\bar{1}10) : (\bar{1}21) =$	ca. 34°	$33 \quad 43$
$x : y = (\bar{1}21) : (011) =$	ca. 22°	$22 \quad 32\frac{1}{2}$
$y : s = (011) : (10\bar{1}) =$	ca. 47°	$46 \quad 49$
$m : r = (110) : (101) =$	$71 \quad 7$	$71 \quad 11$

No distinct cleavability was observed.

The crystals are biaxial: on $\{100\}$ normal extinction. They are feebly dichroitic: on $\{100\}$ for vibrations parallel to the c -axis: pale greenish-blue, for those perpendicular to that axis: blue.

§ 3. If the experiments are made in the same way, but this time starting from a *cold* solution of *copperchloride*, to which respectively 1, 2, or 3 equivalents of dipyridyl are added, *three* different products are obtained: a green *mono*-dipyridyl-salt, a blue *di*-dipyridyl- and a violet *tri*-dipyridyl-salt.

A. The green *mono*-dipyridyl-salt is very sparingly soluble¹⁾; it crystallizes in soft, green scales and, on analysis, yields: 21,87% Cu ; 24,35% Cl ; 9,54% N (= 53,2% dipyridyl); theoretical: 21,87% Cu ; 24,4% Cl ; 9,64% N .

Its composition, therefore, is: $\left\{ Cu \begin{smallmatrix} (Dip) \\ Cl_2 \end{smallmatrix} \right\}$; the salt is anhydrous and cannot be obtained in measurable crystals.

B. The blue salt crystallizes in moderately well developed crystals which, however, mostly form complicated aggregations, not allowing accurate measurements. By careful and slow evaporation of a saturated solution, we were able to obtain some small, tabular crystals, which in

¹⁾ On heating with water for a long time, the salt finally yields a *blue* solution, in which ionogen chlorine is present: evidently the complex ion is hydrolysed under these circumstances.

their aspect, remind us of those of the tri-dipyridyl-salt, but are clearly different from those (Fig. 3).

The crystals often have rounded edges; the angular values oscillate rather appreciably.

Rhombic — (bi)pyramidal.

$$a : b : c = 1,5805 : 1 : 0,9619$$

Forms observed: $a = \{100\}$, predominant, commonly yielding very sharp reflections; often $a = (100)$ is smooth, $a' = (\bar{1}00)$ vertically striated; $m = \{110\}$, well developed; its planes are vertically striated and yield broad and dull reflections; $o = \{111\}$, rather broad and giving sharp images; $q = \{011\}$, narrow and moderately reflecting; $b = \{010\}$, very small and gives dull reflections.

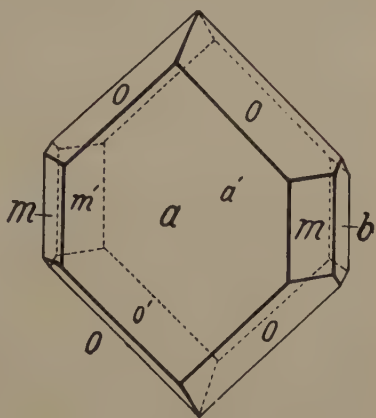


Fig. 3.

Angular Values:	Observed:	Calculated:
$o : o = (111) : (\bar{1}\bar{1}1) = *$	$78^\circ 49'$	—
$a : o = (100) : (111) = *$	$66 \quad 19$	—
$a : m = (100) : (110) =$	$57^\circ - 57 \quad 38$	$57^\circ 41'$
$o : m = (111) : (110) =$	$41 \quad 24$	$42 \quad 29$
$b : o = (010) : (111) =$	$50 \quad 36$	$50 \quad 35\frac{1}{2}$
$b : m = (010) : (110) =$	$32 \quad 22$	$32 \quad 19\frac{1}{3}$
$o : q = (111) : (011) =$	$23 \quad 41$	$23 \quad 41$

No distinct cleavability was observed.

On $\{100\}$ normal extinction. The crystals are clearly dichroitic: on a for vibrations parallel to the c -axis: blue; for those perpendicular to them: pale greenish-blue.

The analysis yielded: 11,53 % Cu; 9,94 % N (= 55,7 % dipyridyl); above concentrated sulphuric acid, the crystals loose 17,03 % H_2O , but, as on heating the salt at 100° and 130° C. it also looses dipyridyl under generation of the mono-dipyridyl-salt, — the total quantity of H_2O could not be determined by heating. For $\left\{ Cu \begin{smallmatrix} (Dip)_2 \\ (H_2O)_2 \end{smallmatrix} \right\} Cl_2 + 4 H_2O$ or $\{ Cu (Dip)_2 \} Cl_2 + 6 H_2O$, the calculated numbers are: 11,46 % Cu; 56,3 % dipyridyl and 19,43 % H_2O ; so that there can be no doubt about the fact, that here the di-dipyridyl-salt is present.

C. The violet salt crystallizes in flat, hexagonally bordered, somewhat elongated plates. On analysis, the composition proved to be: $\{ Cu (Dip)_3 \} Cl_2 + 7 H_2O$; observed: 8,70 % Cu; 11,5 % N (= 64,4 % dipyridyl); calculated: 8,72 % Cu and 64,3 % dipyridyl.

The crystals are rhombic-bipyramidal; the axial ratio is:

$$a : b : c = 2,0308 : 1 : 0,6131.$$

Forms observed: $a = \{100\}$, predominant and giving very sharp reflections; $m = \{110\}$, well developed; the faces are finely striated parallel to the c -axis, the reflections often broadened and somewhat dull; $b = \{010\}$, broader than m and like $\omega = \{111\}$, yielding very good images; $o = \{311\}$, smaller than ω , yielding somewhat dull reflections.

The habitus of the crystals is as reproduced in Fig. 4.

Angular Values: *Observed:* *Calculated:*

$a : m = (100) : (110) =$	$63^\circ 47'$	—
$\omega : \omega = (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) =$	$28 \ 52$	—
$m : b = (110) : (010) =$	$26 \ 13$	$26^\circ 13'$
$a : o = (100) : (311) =$	$52 \ 25$	$52 \ 19\frac{1}{2}$
$o : \omega = (311) : (111) =$	$23 \ 4$	$23 \ 14\frac{1}{2}$
$a : \omega = (100) : (111) =$	$75 \ 29$	$75 \ 34$
$\omega : \omega = (111) : (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) =$	$60 \ 17$	$60 \ 49$
$b : \omega = (010) : (111) =$	$59 \ 43$	$59 \ 35\frac{1}{2}$
$\omega : m = (111) : (110) =$	$55 \ 48$	$55 \ 39$

No distinct cleavage was observed.

On a , m and b normal extinction; the crystals are, on $\{100\}$ only feebly dichroitic.

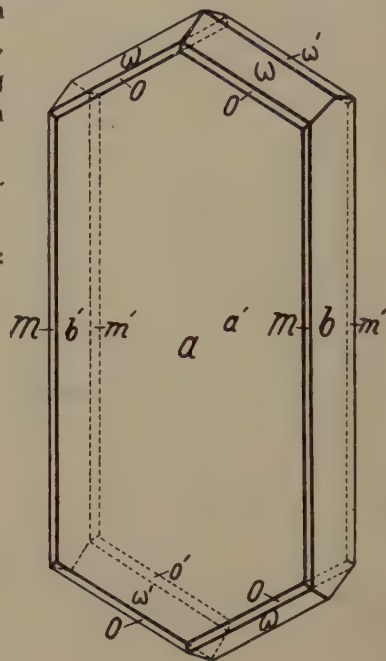


Fig. 4.

§ 4. These experiments clearly show, that the possibility of introducing 1, 2 or 3 molecules of dipyrindyl into the complex cupric ion, is dependent on the nature of the anion: in *all* cases studied *mono*-dipyrindyl-salts are formed; but in the case of the sulphate, moreover, a *tri*-dipyrindyl, in that of the chloride *di*-, as well as *tri*-dipyrindyl-salts can be formed besides the *mono*-derivatives. Such a dependency of the constitution of the complex ion on the anion was, to a lesser degree, recently also stated in the case of the ferrous salts¹⁾. From the paper of AUMÉRAS and TAMISIER (*loco cit.*) an analogous result seems to follow: in the case of *coppennitrate*, they stated the formation of only a *tetrammine*- or a *tetrapyrindine*-complex, while in that of *coppersulphate*, as well a *di*- as a *tetrammine*-complex seems to be formed. By a further examination of these cases it must be decided, whether this fact really is connected with the more or less advanced hydrolytic decomposition, which these salts undergo in aqueous solutions at different temperatures.

*Groningen, Laboratory for Inorganic and
Physical Chemistry of the University.*

¹⁾ F. M. JAEGER and J. A. VAN DIJK, these *Proceed.*, **37**, (1934), 333.

Geology. — *Geology of Isla de Pinos, Cuba.* By L. RUTTEN.

(Communicated at the meeting of June 30, 1934).

On a geological expedition with students of the Utrecht University in 1933 I had the opportunity to study during 6 days the northern part of the Isle of Pinos. The roads along which geological observations have been made are indicated on the accompanying map. The tracks S. Fe — C. Aguila, S. Pedro — C. Siguanea, and Nueva Gerona — Playa de Bibijagua have been surveyed by Mr. A. THIADENS; the tracks S. Fe — Jucaro and S. Fe — C. S. Juan by Mr. THIADENS and the author jointly; the other tracks by the author only (C : Cerro, Hill).

The existing geological data on Isla de Pinos are poor and contradicting inter se. Different authors have observed the presence of crystalline schists and crystalline limestones (ALLENDE, bibl. 2; HAYES c.s., bibl. 4, 5; JENNINGS, bibl. 6; LEWIS, bibl. 7; SUAREZ MURIAS, bibl. 8). DE CASTRO (fide bibl. 2) has regarded the limestones and schists as mesozoic; the limestones more especially as jurassic. The other authors, mentioned above, regard the limestones and schists as very old: "scarcely younger than palaeozoic" (HAYES), precambrian (ALLENDE) and archæan (SUAREZ MURIAS). BROWN and O'CONNELL (bibl. 3) have drawn a generalized section through Pinar del Rio and Isla de Pinos, wherein they seem to consider the limestones as jurassic. As to the relation between schists and limestones, BROWN and O'CONNELL have regarded the latter as younger than the former, whilst all the other authors regard the limestones as true intercalations within the schists (4. p. 121, 2. p. 60, 8. p. 28).

ALLENDE (2. p. 53) supposes that at the side of precambrian schists there occur on the island, in the vicinity of Nueva Gerona, triassic sediments. Different samples of this region, however, prove to be typical rocks of the schist formation. Moreover ALLENDE has mentioned from the coast near Nueva Gerona the presence of limestones, regarded by him as oligocene. He gives no arguments for this supposition (l.c. p. 53). I have not visited the locality, but it is not improbable that these coast-near limestones, which cannot have a great extent, are of quaternary age. ALLEN (bibl. 1) has described some quaternary mammalian remains from caves in the C. de Casas.

At the side of sedimentary and metamorphic rocks some occurrences of igneous rocks have been mentioned from the island; it seems, however, that none has been studied microscopically. SUAREZ MURIAS mentions aplite and porphyrite from the mine Victoria and the Rio de Las Nuevas (l.c.

p. 25); ALLENDE a "serpentinic rock" from the Rio de S. Fe (l.c. p. 55), and HAYES a dioritic schist from the C. Aguila (l.c. p. 123).

There are two geological maps of Isla de Pinos, both embracing also the whole island of Cuba. The first, by CASTRO and SALTERAIN, has been republished by HAYES (l.c.); the second, by WHITNEY LEWIS (bibl. 7), is very recent. Both are erroneous: the first map indicates the presence of a broad rim of quaternary and a nucleus of jurassic, bordered in the North by a strip of eocene, in the South by patches of igneous rocks; the second map indicates a rim of quaternary with a large nucleus of oligo-eocene, wherein small patches of "pre-jurassic, undivided".

The new survey has provided many details on the relation between limestones and schists, on the distribution of the schist-formation, on its petrology and its tectonics. I think, that it is also possible to give reliable suggestions as to the age of the formation. Moreover, we have found an interesting igneous rock.

There cannot be any doubt that the limestones are intercalated within the schists. At the side of thick limestone-massives (C. de Casas and C. de Caballo) which have the same strike and dip as the surrounding schists there occur to the East of Nueva Gerona thin, clearly intercalated limestone-layers. Some of the limestones are impure and represent true transitional rocks between marble and mica-schist.

Our survey has proved the great extent of the schist-formation on the island. It has been found from C. Siguanea in the W. to C. S. Juan in the E., and from these two localities in the S. to Nueva Gerona in the N. Frequently the schist-formation is covered by eluvial sand and by fragments of quartz or by limonite "beans" (Cuban: perdigon), but this cover is everywhere very thin, never attaining in the localities visited a thickness of more than a few meters. It may be said, therefore, that — with the exception of a narrow, coastal belt — the schist-limestone-formation outcrops everywhere in the Northern part of the island.

Our rock-samples have been all microscopically studied; the results of the determination have been indicated on the map. An eyeg glance shows that all the rocks of the basal complex are metamorphic. By far the most are quartz-mica rocks, ranging from pure quartzite with only traces of sericite or muscovite via muscovite-quartzites to quartz-muscovite schists and sericite-quartz-schists. As accessory minerals there may occur garnet, biotite, kyanite and graphite. A further accessory mineral is tourmaline; it is not impossible, that this is secondary, as it may occur in thin veinlets. Many transitional types link these quartz-mica-rocks with the crystalline limestones. Very pure marbles have been found at the C. Casas. Most of the limestones from the vicinity of Nueva Gerona as well as from the C. S. Juan are, however, very impure. They contain in many cases quartz, muscovite, pyrite (possibly also chalkopyrite) and graphite. Moreover there may occur: clearless amphibole and pyroxene, orthoclase, plagioclase, titanite and zoisite. In the limestones of C. S. Juan have been found queer,

almost colourless, prismatic, doubtlessly authigenous tourmalines. Some limestones contain true layers of quartz-muscovite schists.

It is desirable to mention here some, more aberrant rocks in detail.

True amphibolites (presumably the "dioritic schists" of HAYES) have been found at the C. Aguila. They are schisty rocks, built up largely by green hornblende and rather basic plagioclase with accessory quartz, titanite and black ore. A garnet-amphibole-gneiss, consisting chiefly of green hornblende and oligoclase with some garnet, quartz, ore and titanite has been found E. of Nueva Gerona. Presumably these rocks have originated from marls.

An aberrant phyllitic rock has been sampled N. from Los Indios: it contains at the side of sericite innumerable rutile needles and some quartz and biotite.

Mineralogically the most interesting rock is a biotite-garnet-sillimanite-staurolite-kyanite gneiss from the northern end of the C. Casas. Quartz and biotite are the most common minerals; at the side of the already mentioned minerals occur muscovite, plagioclase, oxydic and sulfidic ore.

From the foregoing it will be clear that the schisty rocks of Isla de Pinos must belong to the "meso-zone". It is of some interest that one rock, a tourmaline-bearing sericite-quartz-schist, found at C. Siguanea is only slightly metamorphic. Its quartzes are still partially rounded and of small dimensions, and the sericite is of a very fine grain, arranged in distinct layers, and growing out only rarely into somewhat larger muscovite crystals. The rock must have been originally a clayey sandstone; it is only in the first stages of metamorphism.

The tectonical structure of the schist-formation is very simple. The map shows clearly that the basal complex of Isla de Pinos forms the northern and eastern limb of a huge cupola, the axis of which runs possibly ENE. or NE. By far the largest part of this cupola is covered by the sea. The thickness of the formation must be enormous: at least 15000 m. The sandy-clayey rocks with lenses of reef-limestone must have been deposited in an enormous geosyncline ¹⁾.

Without going into details I should like to mention that huge, dome-like and anticlinal structures, built up by different formations are rather widely spread in the West Indies. The northern part of Bonaire is the northern wing of a very large anticline (bibl. 10); very large anticlines have been mapped also in eastern Portorico (bibl. 9); it is long known, that a part of the Sierra Maestra of Cuba is the N. limb of a huge anticline, the S. wing of which has sunken away into the Bartlett deep (bibl. 12); the

¹⁾ Former authors have drawn geological sections through the northernmost part of the island, from C. Casas to Playa de Bibijagua. HAYES (l. c.) has indicated in that region tentatively the presence of some important faults, which were, however, only based on the repetition of the limestone ridges in W-E.-direction. SUAREZ MURIAS (l. c.) has omitted these faults in his section; ALLENDE (l.c.) has, again, copied the section of HAYES. We have not found any indication for the reality of these faults.

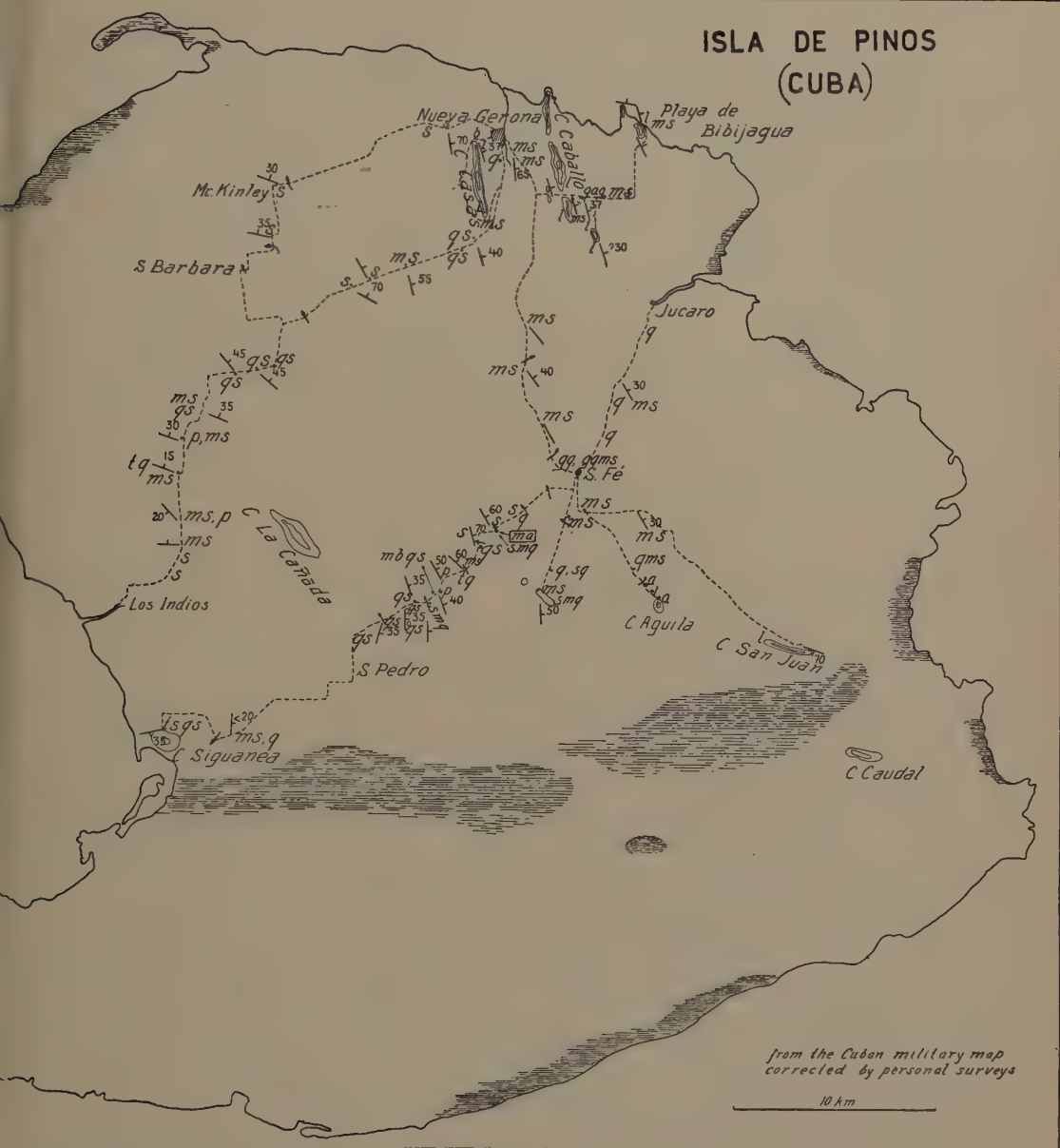
Utrecht Cuba-expedition has found analogous huge structures in Santa Clara and Pinar del Rio.

As stated above, former authors did not agree inter se as to the age of the schist-formation. There are very strong arguments, which indicate that the formation is not so very old, that — as already defended by CASTRO — it is mesozoic and, more especially, jurassic in its upper parts,

From the province of Pinar del Rio in Cuba — directly opposite to Isla de Pinos — have been known since many years limestones, forming partly continuous ridges (Sierra de los Organos), but occurring, for another part in isolated, steep hills, called in Cuba "mogotes". The mogote limestone is often very crystalline, but has, at some localities, furnished a rich fauna of jurassic fossils (see, f.i. BROWN and O'CONNELL, bibl. 3). There is equally known from Pinar del Rio a formation of quartzites and phyllites. Our researches have proved that the mogote limestones form true intercalations within the quartzite-phyllite-formation. The arguments for this statement cannot be reproduced here: they will be found in the academical thesis of Mr. L. VERMUNT, which will appear within some time.

Now, there is a very great analogy between the jurassic quartzite-phyllite-limestone formation of Pinar del Rio and the schist-limestone formation of Isla de Pinos. The aspect of the Cuban mogotes is quite the same as that of the limestone hills of Isla de Pinos; moreover both limestones are strongly bituminous. The less metamorphosed sericite quartzschist from Isla de Pinos, mentioned above is not distinguishable from some jurassic rocks from Isla de Pinos. Composition and thickness of the Pinar del Rio Jurassic are quite comparable with those of the schist formation of Isla de Pinos; the same may be said of the tectonics. The only difference is, that the formation on Isla de Pinos has been more strongly metamorphosed. I feel sure that the schist formation of Isla de Pinos is of mesozoic age and that its upper part, where the large limestone-mogotes are found, is jurassic.

At one place, W. of S. Fe, an intrusive vein has been found which cuts the schists obliquely, the direction of the dike being about N 30 E, that of the schists about N 30 W. The veinrock is green and porphyritic. Under the microscope the rock appears to contain large, corroded grains of quartz, large phenocrysts of albitized plagioclase with numerous inclusions of epidote, and smaller phenocrysts of green hornblende which pass gradually into the innumerable, more or less idiomorphic hornblendes of the groundmass. The groundmass, moreover, contains much plagioclase and some quartz. The rock is a porphyritic malchite, comparable with the quartzdioritic veinrocks which have f.i. been found in great abundance on Aruba (bibl. 13) and on some islands between Bonaire and Trinidad (bibl. 11). These rocks are differentiation products of the quartzdioritic magma that has intruded the basal complex of so many West Indian islands (f. i. Cuba, Portorico, Virgins, St. Martin, Desirade) at the end of the Cretaceous and the beginning of the Tertiary.



a : amphibolite.

b. biotite-garnet-sillimanite-staurolite-

kyanite-gneiss.

gaq : garnet-hornblende-gneiss.

gg : garnet-quartzite.

gqms · garnet-quartz-muscovite-schist.

1: crystalline limestone, mostly with accessory minerals.

mbqs : muscovite-biotite-quartz-schist.

mqs : schisty muscovite-quartzite.

ms : micaschist.

p : phyllite.

q: quartzite.

qms : quartz-muscovite-schist.

qs : quartz-schist.

s : schist.

sq : sericite-quartzite.

tq : tourmaline-quartzite.

tsqs : tourmaline-sericite-quartz-schist.

Summary: The basal complex of Isla de Pinos consists of a schistformation, built up chiefly by quartz-muscovite schists and quartzites with intercalations of reef-like limestones. The rocks belong to the "meso-zone". The total thickness is more than 15000 m. Tectonically, the island is a part of a huge cupola, possibly with N-E strike. The age of the schist-limestone-formation cannot be stated with certainty, as fossils, if formerly present, have disappeared in consequence of the metamorphosis. It is, however, very probable, that the formation is of mesozoic age and that its upper parts are jurassic.

The basal complex has been cut at one place by a dike of porphyritic malchite, clearly a manifestation of the quartzdioritic magma which has intruded at the end of the Cretaceous the basal complex of so many Antillean islands.

Utrecht, Juni 1934.

BIBLIOGRAPHY.

A. Publications on Isla de Pinos.

1. G. M. ALLEN. Fossil Mammals from Cuba. Bull. Mus. Comp. Zool. Harv. Coll. LXII. 1918—1919. p. 133—148. 1 pl.
2. ROQUE ALLENDE. Estudio tecnico de los yacimientos minerales de Isla de Pinos. Bolet. de Minas. Habana. 7. 1923. p. 51—67.
3. BARNUM BROWN and MARJORIE O'CONNELL. Correlation of the Jurassic Formations of Western Cuba. Bull. Geol. Soc. America. 33. 1922. p. 639—664 maps, sections, photographs).
4. C. WILLARD HAYES, T. WAYLAND VAUGHAN and ARTHUR C. SPENCER. Informe sobre un reconocimiento geologico de Cuba (Traducido del Ingles y anotado por Pablo Ortega y Ros). Bol. de Minas. Habana. 2. 1917. p. 1—63. 3. 1917. p. 63—132. (Maps and Sections).
5. C. WILLARD HAYES, T. WAYLAND VAUGHAN and ARTHUR C. SPENCER. Geology of Cuba. A reprint of the chapters on Physiography and General Geology from the „Report on a Geological Reconnaissance of Cuba 1901". Republica de Cuba. Dirección de Montes y Minas. Habana. 1918 (maps and sections).
6. O. E. JENNINGS. Note on the geology of the Isle of Pines. J. Geol. 21. 1913. p. 367—369.
8. E. R. SUAREZ MURIAS. Visita de inspección a la Isla de Pinos. Boletin de Minas. Habana. 6. 1920. p. 24—28.

B. Other publications cited.

9. H. A. MEYERHOFF and I. F. SMITH. The Geology of the Fajardo district, Porto Rico. Sc. Surv. of Porto Rico and Virg. Isl. New York. Acad. Sc. II. 3. 1931. p. 199—360 (maps etc.).
10. P. J. PIJPER. Geology and Paleontology of Bonaire (D.W.I.). Acad. Thesis. Utrecht. 1933.
11. L. RUTTEN. On rocks from the Venezuelan islands between Bonaire and Trinidad etc. These Proceedings. 34. 8. 1931. p. 1101—1110.
12. S. TABER. The structure of the Sierra Maestra near Santiago de Cuba. J. Geol. 39. 1931. p. 532—557.
13. J. H. WESTERMANN. Geology and Petrology of Aruba (D.W.I.) Academical Thesis. Utrecht 1932.

Mineralogy. — *"The use of boron trioxide in determination of minerals"*.
By J. VERSLUYS.

(Communicated at the meeting of June 30, 1934).

Since the earliest days of determinative mineralogy by means of blow-pipe analysis borax and salt of phosphorus have been recommended for reagents or fluxes. That borax is used and not boron trioxide¹⁾ probably has to be attributed to the fact that the latter, when decomposing a mineral, in many cases forms compounds which are insoluble in the bead, whereas borax dissolves practically all components of the minerals. Only a few elements make the bead of borax opaque on cooling.

The ability of the borax and phosphorus salt to dissolve most substances is supposed to be a virtue of these fluxes. In 1875, however, W. A. ROSS²⁾ recommended the use of boron trioxide even for the sake of its inability to dissolve most compounds which it forms with the components of the minerals. In his laboratory he had been using boron trioxide since 1869.

Cobalt, nickel and iron are among the metals which form insoluble compounds. This fact enables the operator to segregate them at once by dissolving the bead in hot water, after which small insoluble globules or fragments, each containing one of these metals separately, are obtained. These metals can be separated in this way. Moreover such globules of cobalt can be used for detecting the alkalies, and also for making a rough estimate of their content in the mineral. The presence of alkalies makes the cobalt spread through the bead. The bead is coloured blue as long as it is hot but when small amounts of alkalies are present it turns violet or pink after cooling. Larger amounts of alkalies make the bead blue, cold as well as hot. The boron trioxide imparts a green colour to the Bunsen flame and this green colour is only hidden when a certain amount of sodium is present. Thus the colour of the flame gives a second method of estimating the amount of sodium. Potassium in the boron trioxide bead colours the flame very faintly but when the bead is held in the outer mantle of the flame, the potassium colour is visible at the inner side of the mantle, while the flame is green at the outside. The same is true for lithium, but this alkali colours the flame strongly, and the carmine colour

¹⁾ J. BERZELIUS (see his book: "Von der Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie", Nürnberg 1821, p. 65), and certainly GAHN before him used boron trioxide and metallic iron to detect phosphorus. Although they used boron trioxide frequently, evidently they have failed to discover the various reactions ROSS performed with this flux.

²⁾ "The blowpipe in chemistry, mineralogy and geology". Reprint of the second (1889) Edition, London 1912. (First Edition probably appeared in 1884 or 1885). The same author also wrote "Pyrology or fire chemistry", London 1875, and "Alphabetical Manual of blowpipe analysis", 1880.

is very conspicuous at the inner side of the mantle, if the amount of lithium is sufficient. The green flame of the boron trioxide, however, is not veiled by it, as by sodium.

Calcium forms a compound with the boron trioxide which is fusible, but not mixable with the molten boron trioxide, so that it segregates in the form of drops within the bead. After cooling the bead contains globules of calcium borate. These globules are not soluble in water, so that they can be liberated by dissolving the boron trioxide of the bead in hot water. Many more metals form such drops or globules in the boron trioxide bead, most of which can be distinguished from the lime globules at first glance. The lime globules have approximately the same specific gravity as the boron trioxide and they assume a spherical form. Drops of barium borate, however, have a greater specific gravity and they sink to the lowest part of the bead, so that they deviate from the spherical form.

When aluminium is dissolved in a bead containing lime globules, these give off a milky more or less cloudy substance, and gradually they are altogether decomposed, if sufficient alumina is added. The reaction offers a method for detecting alumina as well as lime. The fact should not be lost sight of that pure alumina remains undissolved in the bead, so that it does not react with the lime within a reasonable time. For this reason sulphate of aluminium is not the proper reagent but alum ($\text{Al}_2\text{K}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) can quite well be used. The potassium of the latter makes the aluminium spread through the bead and soon affect the lime globules. The whole bead then becomes milky and opaque. Should the mineral which is examined, however, spread through the bead, on account for instance of the presence of alkalies, sulphate of aluminium can be used.

When a mineral contains aluminum, it reacts with lime globules. This reaction presents a test for aluminium by the addition of lime. Either the lime (this may be CaCO_3 , but it is preferable to heat it first in the flame in order to convert it to CaO and use this immediately, otherwise the bead may become cloudy) may be added to the bead before the powder of the mineral, or it may be mixed with the powder of the mineral before the latter is taken up in the bead. In case the mineral is practically insoluble in boron trioxide the present author proceeds as follows when testing for aluminium.

A small amount of carbonate of sodium (or of sodium and potassium) is fused on the platinum wire and so much of the ground mineral is added that at least all the carbonic acid is liberated. Then lime is added to the bead and this is fused until it forms a glassy mass again. The bead, thus obtained, still in liquid state, is brought into contact with a cold fresh-made boron trioxide bead, which is much larger, and in such a way that part of the sodium bead adheres to the boron trioxide bead. The latter then is fused and the patch of the soda bead immediately evolves the milky substance, which is produced by the reaction of lime and alumina. This milky matter gradually affects the bead throughout. The use of excess

carbonate of sodium has to be avoided as it tends to obliterate the reaction, the bead with much alkali forming a solvent like borax. Minerals containing lime and alumina both show the reaction directly. If necessary, such minerals also are first fused with a small amount of carbonate of sodium.

Silica reacts with lime globules like alumina. It forms an opalescent substance while molten with the lime globules without decomposing them altogether. Thus the lime globules can also be used for the detection of silicon. Silicon can be distinguished from aluminium because the substances they form in the bead with lime are not quite alike. The reactions may be confused, while many minerals contain both silicon and aluminium.

Silicon, however, can be reacted for in the salt of phosphorus bead. The skeleton of silica is shown more clearly if some P_2O_5 is added to the bead. For this purpose, the bead is gently heated, dipped into solid P_2O_5 , and fused at as low a temperature as possible. A mixture of phosphates with more P_2O_5 is then obtained. In case the mineral does not dissolve in salt of phosphorus, it may be fused with a little carbonate of sodium and then the mass is gradually converted to a salt of phosphorus bead by the addition of P_2O_5 .

The phosphorous bead also presents a means of testing for alumina, provided alkalies are absent. When P_2O_5 is added to the salt of phosphorus bead, a small amount of CaO imparts a pink tinge to it. Addition of 10 % alumina converts this tinge to mauve. The tinges are easily observed when the bead is compared with a pure salt of phosphorus bead. In case the mineral contains alkalies, it can be broken down with carbonate of sodium and then dissolved in hydrochloric acid. The alumina can then be precipitated with ammonia and thus be freed of alkalies before being added to the bead. The pink tinge, assumed by the salt of phosphorus bead on addition of more P_2O_5 and a little CaO, can also be used to estimate the amount of alkalies in a mineral (W. A. ROSS 1912, table VI, p. 109).

The use of boron trioxide and the reactions given in this article were recommended by W. A. ROSS. The present author tried the methods and found them to be applicable. He then completed them by breaking down the minerals with carbonate of sodium and eventually with lime before fusing them in the bead, if necessary.

W. A. ROSS gave a complete set of tests¹⁾ for elements in the beads which, however, received no attention from other authors²⁾, although three editions of his book appeared in English and it was translated into German³⁾. This is probably due to the fact that the way of treating the

¹⁾ The present author was successful in reproducing most but not all reactions described by ROSS.

²⁾ ROSS is quoted by J. LANDAUER ("Die Lötrohr-analyse", 3e Auflage, Berlin 1908, p. 12) only for his recommendation to make sublimates on an aluminium plate. In the "Chemical News" of 1877 several articles were devoted to discussions on this method.

³⁾ W. A. ROSS: "Das Lötrohr in der Chemie und Mineralogie" nach der zweiten englischen Auflage ins Deutsche übertragen von B. KOSMANN, Leipzig 1889.

minerals is given in the form of a dialogue which has to be read several times before it becomes clear to the reader, while the information given in the tables is not applicable if the examples at the end of the book are not consulted. The use of boron trioxide as a flux, however, opens many possibilities in chemical examination of minerals.

Physiology. — *The trunk myotome (Myorhizomere) in dogs, isolated by means of the method of "Remaining Motricity".* By G. v. RIJNBERK.

(Communicated at the meeting of June 30, 1934).

Since my first communication on the results of experiments carried out by means of the method of remaining motricity on the muscles of the abdominal wall, I continued the investigation and at the same time applied a technical improvement. The method, as it has been described in 1931, had the disadvantage that there was no protection against regeneration of the motor nerve fibres from the spinal cord. In order to anticipate the trophic restoration of the paralyzed muscles, obtained in this way, the experimental animals had to be sacrificed and dissection performed at the utmost 3 months after the ventral roots had been cut. Then the regeneration cannot yet do any harm. The drawback of this comparatively early examination is that the atrophy of the muscles is not yet complete by that time.

In order to avoid the risk of regeneration, I have now slightly altered the method. I isolate a spinal segment completely by extirpating three segments craniad and caudad from it, roots and all. The spinal segment involved is then left behind in an empty part of the vertebral canal, exclusively in efferent and afferent connection with the periphery. By means of this contrivance absolutely every regeneration of the cut roots is prevented. The experimental animals can now survive for a long time, so that the denervated muscles atrophy as completely as possible. The method has this disadvantage that the operation is very radical and the chance that the animals survive is already small in itself. Moreover it is difficult to make the animals, which stood the operation, to survive for a long time. This requires constant care and supervision. Finally there is every chance that the isolated spinal segment dies off, even when the experimental animal remains alive.

Thus far Dr. TEN CATE and myself succeeded once in keeping alive a dog, operated in the above-mentioned way, during more than six months.

The results of this and similar experiments, as far as the study of the functions of an isolated spinal segment are concerned, will be reported later by Dr. TEN CATE and myself.

Now I want already to communicate the result of the experiment in connection with the problem of myorhizomerism.

In a dog (series I. S. No. 3, called "Puck") one segment in the caudal

thoracic spinal cord is completely isolated by extirpation craniad and caudad of three spinal segments, roots and all.

After five months the palpatory examination of the muscles of the trunk shows the following.

Left. 1. Along the dorsal median line, at the level of the last proc. spinosus which is not taken away during the operation, there is the beginning of a hollow in the dorsal muscles. In caudal direction at the level of the 11th and 12th rib a thickening of the muscles may be felt. Further caudad another depression follows, while against the pelvis again some muscular substance is felt.

2. In the lateral region a strand of muscles is clearly to be felt, which springs from the 11th rib, slides over the 12th rib, and apparently belongs to the obl. ext.

3. The ribs 11 and 12 lie very closely together. The adjacent intercostal spaces are wider.

4. On the ventral median line against the symphysis part of the rectus is clearly to be felt. Craniad from this a perfectly lax part of the abdominal wall follows. Exactly caudal of the umbilicus there is a distinct narrow hard section in the region of the rectus. Again craniad another lax part is found. The most cranial portion of the rectus, which ought to be normal, is not easily felt.

Right. Along the spinal column little if anything is to be perceived of the dorsal muscles; an isolated myotome cannot be felt. The ribs 11 and 12 lie most closely together; 12 and 13 a little less. The 10/11th intercostal space is wide. Along the trunk a strong isolated strand of the obl.ext. is clearly felt. On the ventral median line a thick section of the rectus may be distinctly traced.

A month and a half later (six months and some days after the operation) the animal is sacrificed. In deep narcosis a sectio in vivo is carried out. This is useful, because the differences in shade between more or less normal and more or less hypo- or atrophic parts of the muscles lose in clearness after death.

Description of the facts perceptible by the naked eye upon dissection.

Right. Dorsal muscles. Longissimus dorsi. Cranially at the level of the 8th rib lies the caudal boundary of the preserved part. Caudad it is followed by a portion where the muscle macroscopically has disappeared altogether over 4 cm. Then the isolated part follows: a thick rhomboid mass of muscles, cranially inserting mainly round the 8th rib. This muscular section is chiefly situated above the 10th rib. It extends as far as the 13th rib, where it is attached to the blade of the tendon. Caudad an atrophic part follows. At the level of the 3rd lumbar vertebra commences a muscle which does not look altogether normal, but yet is clearly preserved.

Ileocostalis. Perfectly analogous to what was found of the longissimus,

there is a clearly preserved, isolated, likewise rhomboid section of the muscle laterally by the side of the preserved section of the longissimus. The small isolated section springs from the processus transversi of the 10th and 11th thoracic vertebrae (Cf. Fig. 1.). The caudal preserved part begins at L 3. The levator caudae is distinctly preserved. The multifidus is not clearly perceptible.

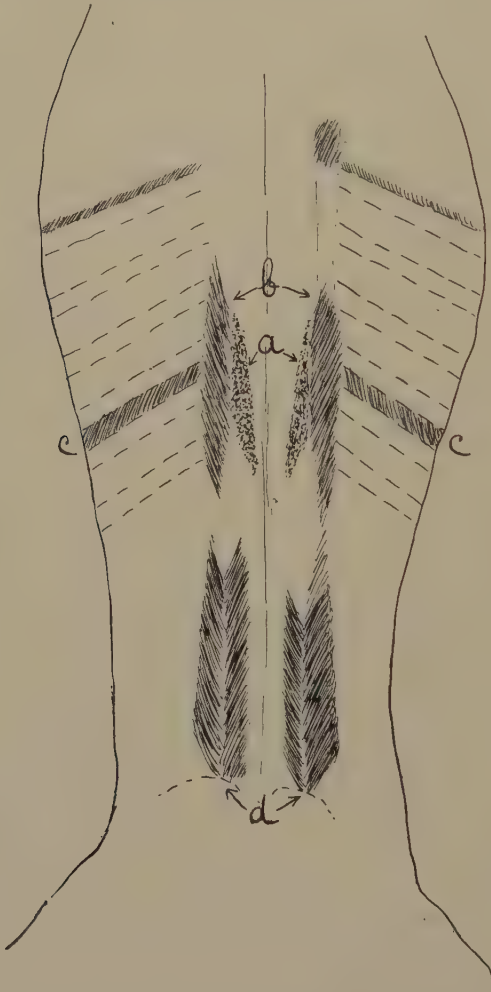


Fig. 1. Sketch of the dorsal and intercostal muscles of dog I. S. 3.

- a. isolated section Th. 11 of the longissimus dorsi.
- b. isolated section Th. 11 of the ileocostalis.
- c. preserved intercostal muscles in the 11th intercostal space.
- d. the unaffected caudal portion of the ileocostalis and longissimus dorsi.

The multifidus and levator caudae are not reproduced.

The intercostal spaces 8/9, 9/10, 10/11 are wide and the muscles in them pale. The intercostal space 11/12 is narrow, the muscles in it red and strongly contracted.

Muscles of the abdominal wall. Obl. ext. Proceeding from the cranial into the caudal direction we find: a. The muscle is well preserved until the 7th rib. b. Above the 8th rib lies a badly preserved, between the 8th and the 9th rib a slightly better preserved part. c. Between the 9th and the 10th rib lies an absolutely atrophic region. d. From the 10th rib the isolated section originates seemingly normally, about 2 cm. wide; the section

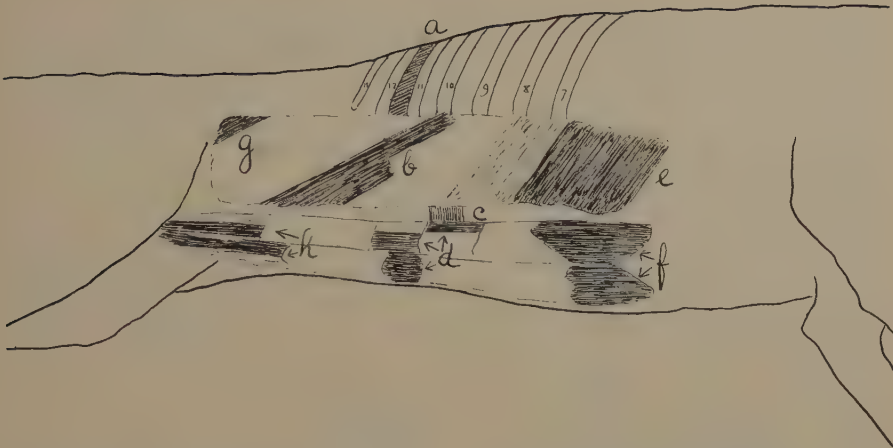


Fig. 2. Sketch of the muscles of the abdominal wall on the right.

- a. preserved muscles in the 11th intercostal space.
- b. isolated section Th. 11 of the obl. ext.
- c. isolated section Th. 11 of the transversus.
- d. isolated section Th. 11 of the rectus on either side. (M 4.)

- e. unaffected cranial part of the obl. ext.
- f. unaffected cranial part of the rectus on either side.
- g. unaffected caudal part of the obl. ext.
- h. unaffected caudal part of the rectus on either side.

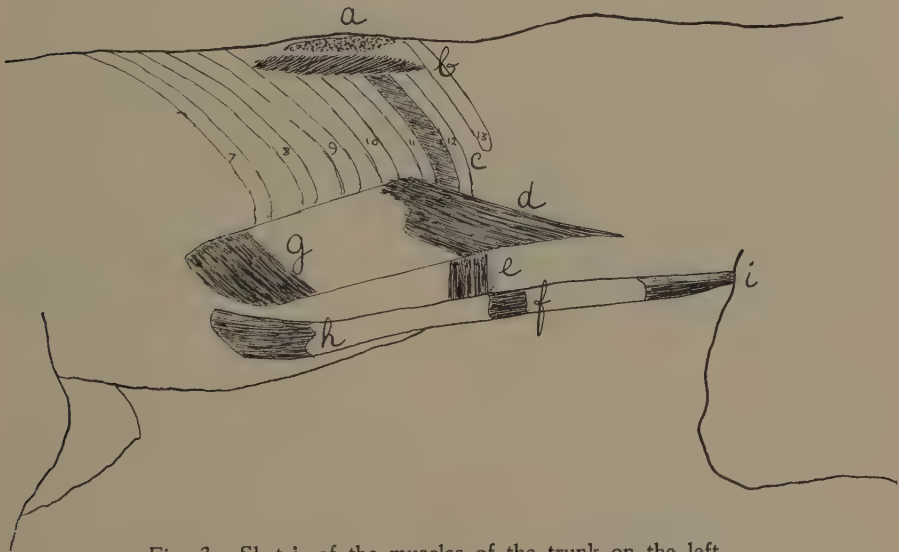


Fig. 3. Sketch of the muscles of the trunk on the left.

- a. isolated section Th. 11 of the longissimus dorsi.
- b. isolated section Th. 11 of the ileocostalis.
- c. 11th intercostal space with preserved muscles.
- d. isolated section Th. 11 of the obl. externus.
- e. isolated section Th. 11 of the transversus.
- f. isolated section Th. 11 of the rectus (M 4).
- g. preserved cranial part of the obliquus.
- h. preserved cranial part of the rectus.
- i. preserved caudal part of the rectus.

consists of two subdivisions shifted with respect to each other, as often the case with the myotomes of the obliquus externus, e. Then follows a broad atrophic part, about 9 cm. wide in craniocaudal direction and circa 6 cm. wide, measured perpendicularly to the direction of the fibres. f. Finally there is again a normal strip of muscle at the extreme caudal margin. (See figs. 2 and 3.)

Obl. internus. Cranially there is nothing. An isolated section is not to be perceived. Caudally there is a fairly large part.

Rectus. Cranially the muscle is preserved as far as M 1. Caudally there is the most caudal portion, the caudal non-segmented terminal part of

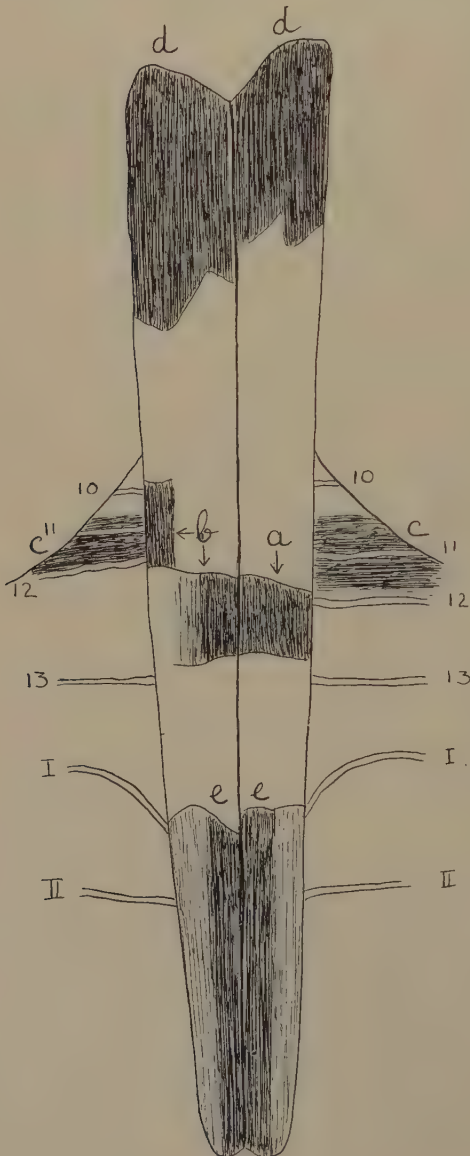


Fig. 4. Sketch of the rectus and transversus on either side.

- a. isolated small section of the rectus on the left (the whole of M 4).
- b. isolated section of the rectus (M 3 lateral part, M 4 medial part).
- c. isolated section of the transversus, left and right.
- d. unaffected cranial part of the rectus, right and left.
- e. unaffected caudal part of the rectus, right and left.

L II apparently occupies here the whole medial half of the caudal non-segmented terminal part.

the muscle as far as the inscription 7. This part, however, is only well preserved in the most medial strip. The lateral region is hypotrophic. Between these preserved regions there is a broad atrophic zone. In its centre lies an isolated section of normal aspect. This small section of the rectus is very strong and thick and consists of two parts: a medial portion, apparently M 4, and a lateral narrow strip, one segment higher in M 3 (Cf. fig. 4).

Transversus. Cranially there is a pale and atrophic region. Then follows one preserved section; caudal to this all is atrophic, except perhaps a narrow margin on the extreme caudal side.

Left. On the left half of the body the condition is almost entirely analogous. Only the isolated section of the rectus does not consist of two pieces, but forms one single part, apparently M 4 (Th. 11). The isolated part of the obl. externus is on the left less clearly than on the right built up of two subdivisions.

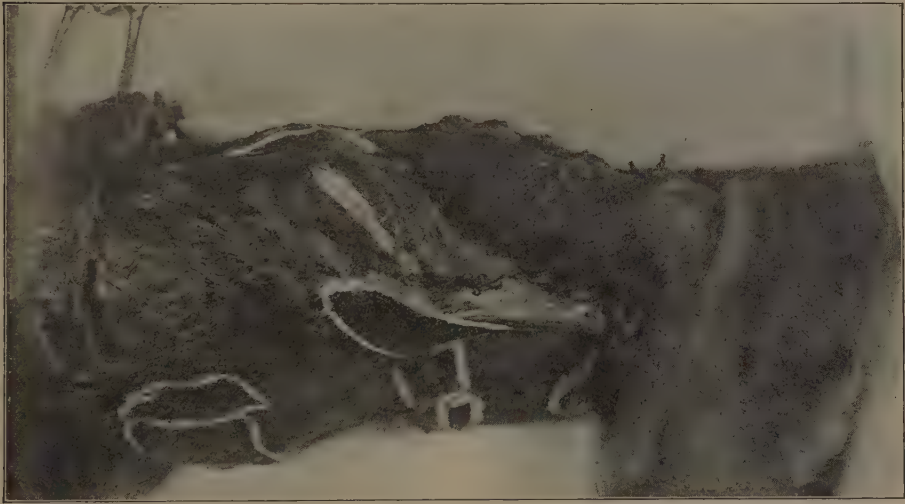


Fig. 5. Photo of the left side of the dog. The parts, belonging to the same myorhizomere, of the longissimus, ileocostalis, intercostalis, obliquus, externus, transversus, and rectus lie in one dorsoventral row and are bordered by a white edge. The unaffected cranial part of the rectus and obliquus and caudal part of the rectus are likewise bordered by a white edge.

The results found are in many respects instructive. We see from them that the applied method indeed allows a myorhizomere to be completely isolated, in such a manner that it appears as a definable unity. The opinion, already previously supported for different muscle regions of the trunk, that in all these muscles the segmental structure is still present, however hidden, appears to be completely confirmed and demonstrable *ad oculos*. The result of the method reveals also that the region of the various muscles of the trunk belonging to one ventral root is topographi-

cally arranged in such a manner that the different parts of the rhizomere are arranged round the trunk like a band. In the described case, the 11th thoracic myorhizomere begins about at the level of the 11th thoracic vertebra, takes an oblique course caudoventrad, parallel to the direction of the true ribs, and reaches the ventral median line exactly caudally to the umbilicus.

Result of stimulation of the nerves.

Electric stimulation of the $11/12$ intercostal nerve (Th. 11) resulted in a distinct contraction of the isolated section of the Obl. ext., of the Transversus, and of the intercostal muscles between rib 11 and 12, of the Rectus, and nowhere else.

Summary of the results.

If the diagram of fig. 3 and even better the photo of fig. 5 are considered, it appears that the trunk myotome of the mammal is built up of consecutive parts regularly following each other in dorsoventral direction, the primitive metameric scheme of the vertebral body being tenaciously preserved.

Some of the above-mentioned facts prove moreover that the method, more sharply than any other thus far applied, permits to state some important details; e.g. that the myorhizomeres of the rectus are not always altogether in harmony with the metamerism indicated by the tendinous inscriptions. In the described case the fibres of the isolated ventral root extend on the right side of the body in two sections of the rectus: a medial part of M 4 and a lateral part of M 3. L II did not extend over the whole of M 6 either, but only over the medial half of it. It may be derived from this that in principle the rhizomeres of the rectus do not consist exclusively of connected muscle fractions, but that their subdivisions often lie somewhat shifted in craniocaudal sense with respect to one another.

Conclusion.

1. By means of the method of remaining motricity we succeeded for the first time in completely isolating a myotome (myorhizomere) of the trunk in a mammal (dog).
 2. The myotome appears to consist of well-defined portions of all muscles of the trunk, which together form geometrically spoken a continuous belt round the body.
 3. This belt of muscles begins at the dorsal median line and takes its course in oblique caudal direction, parallel to the true ribs, towards the ventral median line.
-

Bacteriology. — *Merkwaardige voor de eigen individualiteit van den bacteriophag pleitende eigenschappen van drie uit grachtwater geïsoleerde bacteriophagen.* Door Prof. P. C. FLU. (Aangeboden door Prof. Dr. J. v. D. HOEVE.)

(Communicated at the meeting of June 30, 1934).

In 1928 beschreef ik de eigenschappen van enkele bacteriophagen (*A*, *B*, *C* en *E*) door mij uit het water van de Doelengracht te Leiden geïsoleerd. De stammen *A* en *C* verkreeg ik door het door papier gefiltreerd grachtwater met coli, den stam *B* door dit water met Flexner en den stam *E* door het met cholera-vibrionen vermengd 24 uur bij 37° C. te bebroeden.

A en *C* werden nauwkeurig onderzocht en beschreven. Deze bacteriophagen hadden de eigenaardigheid, dat zij zoowel op pestbacteriën als op Shiga- en colibacteriën lytisch werkten. Vooral *A* en *C* vertoonden dit duidelijk. *B* en *E* hadden spoedig na de isolatie reeds een minder krachtige werking op coli- en Shigabacteriën.

Behalve deze eigenschap vertoonden zij het merkwaardige verschijnsel, dat zij na verwarming gedurende een uur bij 56° C. de eigenschap pestbacillen op te lossen behielden, maar niet meer in staat bleken, coli- of Shigabacteriën op te lossen. Had men de verwarmde, op coli- en Shigabacteriën inactieve phagen, één à tweemaal op pestbacteriën overgeënt, dan werd het vermogen om behalve pest- ook coli- en Shigabacteriën op te lossen herkegen.

Deze eigenschap behielden de phagen *A* en *C* ook, nadat men hen 20 maal hetzij op pest, hetzij op coli- of op Shigabacteriën overentte.

Ik concludeerde, dat deze phagen een eigenschap vertoonden, die voor hen en niet voor de bacteriën waarop zij werden voortgekweekt kenmerkend was. Daar zij deze eigenschap onafhankelijk van het milieu waarin zij zich vermeerderden behielden, besloot ik tot hun autonoom zijn en beschouwde ik ze als soortvreemd aan de bacteriën waarop zij zich vermeerderden ¹⁾.

Na een voordracht van DEN DOOREN DE JONG, waarbij bleek dat hij phagen uit grachtwater verkregen niet als echte phagen meende te moeten beschouwen, besloot ik de phagen *A*, *B*, *C*, die ik sedert 1928 geregeld op pestbacillen had overgeënt, opnieuw te bestudeeren en te onderzoeken

¹⁾ Die Natur des Bakteriophagen von Prof. P. C. FLU. Nederl. Tijdschr. voor Hygiene, Microbiologie en Serologie. Deel 2. 1928.

Zentralbl. f. Bakt. Parasit. und Inf. krank. Orig. Bd. 113. 1929.

Acta Leydensia Edita etc. Scholae Medicinae Tropica. Deel III. p. 193—202.

of zij de vroeger voor hen kenmerkende eigenschappen nog behouden hadden.

Bij dit onderzoek bleek reeds spoedig, dat *A* alle onderzochte Shiga-stammen (6 in getal) goed oploste; *B* werkte alleen op een der 6 stammen en wel op Shiga 150, terwijl *C* op geen der 6 stammen werkte.

Door enkele passages via Shiga 150 werd *B* veranderd in een op alle overige 5 stammen krachtig werkenden phaag.

De vloeistof in de buis met phaag *C* en Shiga 150 werd gefiltreerd en het filtraat nog eens onderzocht op Shiga 150. Pas na de 4e passage was een lichte lysis te bespeuren, die na nog enkele passages via Shiga 150 krachtiger werd. Toen loste de phaag niet alleen Shiga 150, maar ook de 5 andere Shigastammen op. Een nader onderzoek leerde dat het lang niet steeds gelukte den phaag *C* voor Shiga te regenereren. Pas later werd duidelijk, dat de ouderdom van het filtraat hierop van invloed was.

Zes jaren na hunne isolatie en geregelde onafgebroken voortkweeking op pestbacillen, hadden dus de phagen *A*, *B* en *C* zich niet onbelangrijk van elkaar gedifferentieerd.

Bij het verdere onderzoek kwamen nog meer verschijnselen en verschillen voor den dag.

Het bleek, dat het lysaat van pestbacillen verkregen door middel van de phagen *A* en *B* zoowel ongefiltreerd als gefiltreerd op Shiga 150 werkte. Van den phaag *C* loste het *ongefiltreerd* lysaat van pestbacillen, niet alleen pestbacillen maar ook Shiga 150 krachtig op. *Filtreerde* men dit lysaat door een kaars van Chamberland L. 3, door een Berkefeld of door een Seitz filter, dan verloor het filtraat de eigenschap Shiga 150 op te lossen maar bleef krachtig op pest werken. Terwijl 10⁻⁸ cc. van het filtraat pestbacillen oploste, bleken 8 cc. van het filtraat in refracta doses van 0.2 cc. onderzocht zonder eenigen invloed op Shiga 150.

Het bleek, dat men de phagen *A*, *B* en *C* door ze snel achtereenvolgens, met tusschenpoozen van een dag, op pestbacillen over te enten zoo virulent kon maken tegenover Shiga 150 en andere Shigabacteriën, dat ook het filtraat van *C* nog op Shiga 150 werkt, en deed zich dus de inactiverende werking van de filtratie op den phaag *C* niet meer gelden.

Laat men dergelijke snel op pest voortgekweekte phagen lang bij kamertemperatuur (15° C.) staan, dan blijft voor alle drie de werking op pestbacteriën behouden; phaag *C* verliest de werking op Shiga 150 reeds na enkele dagen, *B* na weken en soms na maanden, terwijl *A* niet constant maar soms na maanden staan eveneens tegen Shiga 150 onwerkzaam wordt.

Ent men *A*, *B* en *C* gedurende tijden geregeld op Shiga 150 over, dan heeft ook nu de filtratie door kaarsen geen inactiverende werking op den phaag van *C* tengevolge en kan men de phagen, ook die van *C* weken na de filtratie laten staan, zonder dat de activiteit tegen pest of Shiga verandert.

Nog een andere merkwaardige eigenschap kwam aan het licht. *A* en *B*

vertoonden nog steeds het verschijnsel om na verwarming gedurende een uur bij 56° C. onwerkzaam te worden op Shigabacteriën.

Het verschijnsel kan nu echter in tegenstelling met wat in 1928 geconstateerd was alleen worden gedemonstreerd als men gefiltreerde lysaten verwarmt. Verwarmt men de ongefiltreerde lysaten, dan is de invloed der verwarming op de phagen *A* en *B* niet duidelijk uitgesproken, soms in het geheel niet waarneembaar.

Bij den op pest overgeënten, maar niet gefiltreerden phaag *C* was de inactiveerende werking na 56° C. ten opzichte van de lysis van Shiga 150 wel te bespeuren. De gefiltreerde phaag *C* kon niet op inactiveering door verwarming tot 56° C. worden onderzocht, daar deze phaag reeds door de filtratie onwerkzaam werd voor Shiga 150.

Vergelijkt men het gedrag der phagen *A*, *B* en *C* thans, 6 jaren na hunne isolatie en na geregelde overenting op pestbacteriën met hetgeen omtrent hun gedrag zes jaar geleden werd geconstateerd dan blijkt:

- a. dat de phaag *A* het meest constant gebleven is;
- b. dat de phaag *B* in zijn vermogen Shigabacteriën op te lossen is achteruitgegaan, maar toch nog zoo kan worden geactiveerd, dat hij alle daarop onderzochte Shigabacteriën oplost.
- c. dat de phaag *C* het meest veranderd is en het vermogen Shigabacteriën op te lossen verliest:
 1. Na lang staan van den herhaald op pest overgeënten phaag.
 2. Na filtratie van een vooraf op Shiga werkend ongefiltreerd versch lysaat door Chamberland, Berkefeld of Seitzfilters.
 3. Na verwarming gedurende een uur bij 56° C.

Van dit merkwaardige gedrag van *C* zou men verschillende verklaringen kunnen geven. Men zou kunnen veronderstellen dat de phaag *C* in afwijking van de conclusie, waartoe ik in 1928 kwam, toch nog een mengsel is van pest en Shigaphagen; dat bij het ouder worden van den phaag de concentratie van de Shigaphagen afneemt, terwijl die van de pestphagen onveranderd blijft en dat bij filtratie door kaarsen de pestphagen worden doorgelaten en de Shigaphagen worden tegengehouden.

Deze veronderstellingen zijn onhoudbaar. De phaag *C* is thans meer dan $200 \times$ op pestbacteriën overgeënt, zonder gedurende dien tijd ook maar een enkele maal met Shigabacteriën te zijn samengebracht.

Bestond hij uit een mengsel der beide phagen, die elk slechts specifiek op de bij hen behorende bacillen kan worden overgeënt, dan zou reeds lang een reiniging van den pestphaag moeten zijn opgetreden. Dit is niet het geval, zooals het onderzoek van een verschen niet gefiltreerden phaag *C* leert. Een dergelijke ongefiltreerde phaag heeft een hooge lytische werking ten opzichte van Shigabacteriën.

Het vermogen van ouden of gefiltreerden phaag *C* om Shigabacteriën op te lossen kan men regenereren b.v. door den phaag op pestbacillen te doen inwerken. Ent men daarna den ongefiltreerden phaag herhaaldelijk op

Shiga over, dan blijkt hij ook na lang staan of na filtratie door de bovengenoemde kaarssoorten lytisch op Shigabacteriën te werken.

Zelfs het snel achter elkaar overenten met telkens ingeschakelde filtratie door Chamberland L. 3 van den phaag C op pest, dus zonder dat men hem in contact brengt met Shigabacteriën, doet niet alleen de virulentie tegen pest, maar ook die tegen Shiga toenemen en dan hebben nòch het lange staan nòch de filtratie een inactiverenden invloed.

Vergelijkende titratie van pestbacteriophagen A en C die, nadat ze sedert 1928 meer dan $200 \times$ via pestbacillen zijn voortgekweekt, worden onderzocht, nadat ze nog eens 10 en $20 \times$ elk voor zich via pest en Shigabacillen zijn gekweekt.

Naam van den phaag en wijze van voortkweken.	Titer van den Phaag ten opzichte van de gevoelige microbe		
	na ± 200 passages	na ± 210 passages	na ± 220 passages
Pestphaag A via pest overgeënt en onderzocht tegen pest.	10^{-8}	10^{-9}	10^{-9}
Pestphaag A via pest overgeënt en onderzocht tegen Shiga.	10^{-4}	10^{-2}	10^{-3}
Pestphaag A via Shiga overgeënt en onderzocht tegen pest.	10^{-8}	10^{-8} 1)	10^{-5}
Pestphaag A via Shiga overgeënt en onderzocht tegen Shiga.	10^{-8}	10^{-9}	10^{-8} 3)
Pestphaag C via pest overgeënt en onderzocht tegen pest.	10^{-8}	10^{-9}	10^{-8}
Pestphaag C via pest overgeënt en onderzocht tegen Shiga.	10^{-4}	10^{-2} 4)	10^{-2} 4)
Pestphaag C via Shiga overgeënt en onderzocht tegen pest.	10^{-8}	10^{-9} 2)	10^{-6}
Pestphaag C via Shiga overgeënt en onderzocht tegen Shiga.	10^{-2}	10^{-7}	10^{-4}

II. Een tweede verklaring zou men van het verschijnsel kunnen geven door aan te nemen, dat de bacteriophag van complexen aard is en dat wij hier in de gelukkige omstandigheid verkeerden, dit aan den phaag C te kunnen demonstreeren.

1) vanaf 10^{-6} is de lysis niet volkomen.

2) vanaf de verd. van 10^{-8} geen lysis.

3) van 10^{-6} af niet volkomen lysis.

4) N.B. Bij de zoo snel op elkaar volgende overenting en filtratie van Pestphaag C via pest heeft de filtratie door CHAMBERLAND L³ geen volkomen inactiverende werking op de lysogeniteit ten opzichte van Shiga.

Hij zou dan moeten bestaan uit een stabiele kern, die reeds blijkt pestbacteriën te kunnen oplossen. Deze kern zou ook Shigabacteriën kunnen oplossen, indien zij geactiveerd wordt door een nog onbekende stof, die door jonge zich deelende pestbacteriën wordt gevormd. Men kan n.l. de inactieve phagen weer regenereren door ze slechts eens op pestbacillen over te enten.

Deze substantie zou dan in oude filtraten te gronde gaan, worden geïnactiveerd door verwarming gedurende een uur tot 56° C., en door filters worden geadsorbeerd.

Deze veronderstelling is niet nieuw.

BORDET en CIUCA wezen er op, dat lysabele microben eerst moeten groeien voor zij door den phaag worden opgelost. Volgens hen moet de microbe eerst iets van een oplosbare substantie afscheiden voor het verschijnsel der lysis optreedt ¹⁾.

PAUL HAUDUROY verdedigde eveneens de stelling van den complexen aard van den phaag. Men zou hebben een component, die zich ten koste van de microbe vermeerderde en een door de lysabele microbe gesecernerde substantie. Lysis zou alleen dan tot stand kunnen komen, indien beide substanties zich vereenigden. Hij had een typhusphaag, die inactief was voor colibacillen en die door verwarming tot een temperatuur die de lysis ophief, typhus niet meer oploste. Na de verwarming kon hij in twee van vijf proeven na 3 en 4 passages van den inactieven phaag op colibacillen, die vooraf niet werden opgelost, een phaag verkrijgen, die colibacillen oploste ²⁾.

Wilde ik deze mogelijkheid onderzoeken, dan moest er een middel worden gevonden om jonge pas en na 3, 6, 8 en 12 uur oude phagen te bevrijden van de pestbacillen, buiten filtratie en verwarming om. Ik vond deze methode in de behandeling der culturen met chloroform.

Werd een lysaat van pestbacteriën door pestphaag C met chloroform gesteriliseerd, dan loste 0.1 cc. van een dergelijk lysaat zoo wel Shiga als pestbacteriën op. Werd er dus door jonge pestbacteriën een stof gesecernerd die de lysis door den phaag zou moeten activeeren, dan werd zij niet door chloroform vernietigd.

Jonge, 3, 4, 6 en 10 uur oude bouillonculturen van lysabele pestbacillen werden met een overmaat van chloroform gemengd, goed omgeschud en in gesloten reageerbuisen, gedurende 3 uur bij 37° C. in het waterbad gebracht. De chloroform werd daarna onder de klok van de luchtpomp verwijderd. Het steriele vocht werd in de hoeveelheid van 0.2 cc. bij de buisjes gebracht. De proef werd volgens onderstaand schema viermaal, steeds met hetzelfde resultaat herhaald.

1) BORDET et CIUCA. Sur la régénération du principe actif dans l'autolyse microbienne. Comptes rendus de la Soc. de Biol. Tome 85. 1921. p. 1095.

2) PAUL HAUDUROY. Sur la constitution du Bacteriophage de d'Hérelle. C.R. Hebd. des. Sc. d. 1. Soc. de Biol. Tome 88. 1923. p. 59—60.

Oude op Shiga inactieve pestphaag C	+ Shiga 150	= geen lysis.
" " " " " "	+ Pest Suez	= lysis.
" " " " " "	+ Shiga 150 + extr. uit 3 uur oude pestcult.	= geen lysis.
" " " " " "	+ Shiga 150 + extr. uit 4 uur oude pestcult.	= geen lysis.
" " " " " "	+ Shiga 150 + extr. uit 6 uur oude pestcult.	= geen lysis.
" " " " " "	+ Shiga 150 + extr. uit 10 uur oude pestcult.	= geen lysis.
Extr. uit jonge pestbacteriën	+ Shiga 150	= geen lysis.
Extr. uit jonge pestbacteriën	+ Pest Suez	= geen lysis.
Contrôle van Extr. jonge pestbacteriën op steriliteit		= steriel.

III. De derde verklaring, die het waarschijnlijkst is en waarvoor uit mijn proeven vele bewijzen te halen zijn is deze, dat de phaag C (en dat geldt ook voor A en B) een zelfstandige eenheid is, die in het bezit is van verschillende valentie's: vroeger voor pest, Shiga en coli, thans alleen maar onderzocht en aangetoond voor pest en Shiga. De valentie voor pest is het krachtigst en zeer stabiel, die voor Shiga kan door verschillende ingrepen: verwarming gedurende een uur tot 56° C. en bewaren gedurende langen tijd bij kamertemperatuur, filtratie door verschillende filters, worden verzwakt of zoo onwerkzaam worden gemaakt, dat het eerst na vele kunstgrepen gelukt, hem zijn virulentie tegen Shiga te doen herkrijgen.

Is deze verklaring juist, dan moet het gelukken aan te toonen, dat elk bacteriophag partikeltje verkregen uit een voor Shiga onwerkzamen phaag van C, wel in staat is pestbacteriën en alleen deze op te lossen en pas na groei op die pestbacteriën in staat is Shigabacteriën tot lysis te brengen.

Van de hoeveelheid van ± 20 cc. van een voor pest krachtigen maar voor Shiga 150 onwerkzamen phaag werd de uiterste verdunning bepaald, waarbij nog van lysis van pestbacillen iets te bespeuren viel. Deze bleek 10^{-10} te bedragen. Van de verdunning 10^{-9} van dezen phaag komt in elk van 100 buisjes met 10 cc. bouillon 0.1 ccm. en in elk van 100 andere bouillonbuisjes 1 cc. van de verdunning 10^{-10} . De rest van de 20 cc. phaag C werd in hoeveelheden van 0.1 cc. in buisjes gebracht. Elk dezer hoeveelheden (van 0.1 cc.) werd op lysis tegen Shiga 150 met volkomen negatief resultaat onderzocht.

Van elk der seriën van 100 buisjes worden 50 buisjes geïnfecteerd met pest, de 50 andere met Shiga 150.

Geen der 100 met Shiga geënte buisjes vertoont een spoor lysis en in geen hunner is de phaag na overenting en passage op Shiga te regenereren.

Van de 100 met pest beënte buisjes vertoonen 4 der verdunning 10^{-10} en de 19 der verdunning 10^{-9} lysis.

Bij elk dezer 23 buisjes waarin de pestbacillen na 24 uur staan bij 37° C. volkomen helder waren opgelost, kwamen 2 druppels van een suspensie van jonge Shigabacillen. De buisjes gaven reeds na 6 uur volkomen heldere lysaten. Het blijkt dus, dat bij een verdunning, die zoover is doorgevoerd dat men redelijkerwijs als zeker mag aannemen, dat telkens hoogstens, één partikel van den phaag in de buisjes met 10 cc. bouillon komt steeds weer alleen de lysis ten opzichte van pest tot uiting komt. Is dit geschied, dan is het geregenereerde phaag partikeltje direct weer in staat de Shigabacteriën op te lossen.

Ik meen, dat uit deze proef geen andere conclusie mogelijk is, dan dat elk phaagdeeltje voor zich de eigenschap bezit zijn lytische potenties voor Shigabacteriën door de inwerking van verschillende factoren te verliezen, maar deze na passage op jonge pestbacillen snel te regenereren.

Een dergelijk vermogen lijkt mij moeilijk te rijmen met die theorieën, die den phaag beschouwen als een ferment geproduceerd door het bacteriën-protoplasma, is echter in volkomen overeenstemming met de opvatting van den phaag als een autonoom wezen, parasiet van de microbe.

Leiden, Mei 1934.

Summary.

The author describes properties of some phages isolated by him out of the water of Leyden canals.

These properties give as the author tries to prove evidence that the phage is a substance absolutely strange to the microbe lysed by him.

This article will be fully published in German in the Acta Leydensia Scolae Medicinae tropicae.

Bacteriology. — *De bacteriophaga van bacterium megatherium en het probleem van de genese van den bacteriophaga.* Door Prof. P. C. FLU. Uit het Instituut voor Tropische Geneeskunde der Rijks-Universiteit te Leiden. (Directeur Prof. P. C. FLU). (Aangeboden door Prof. Dr. J. V. D. HOEVE).

(Communicated at the meeting of June 30, 1934).

Voor de kennis van aard en wezen van den bacteriophaga is de beantwoording der vraag, of hij soortvreemd of wel soorteigen is ten opzichte van de microbe die er door wordt opgelost, van groot belang.

De onderzoekingen van en de resultaten door DEN DOOREN DE JONG bereikt bij de studie van den bacteriophage van *Bact. megatherium* schenen er op te wijzen, dat de bacteriophage door de bacteriën wordt gesecerneerd ¹⁾.

Zooals bekend, gelukte het DEN DOOREN DE JONG enkele *megatherium* stammen tot dissociatie te dwingen. Als resultaat van deze dissociatie kwamen er op geschikte media koloniën op, die uit sporenloze individuen bestonden. Deze asporogene typen bleken gevoelig voor een bacteriophage geleverd door een andere *megatherium*, door hem 899 gedoopt.

Daar de *megatherium* bacteriophage bij temperaturen boven 75° C. onwerkzaam wordt gemaakt, de sporen van *Bacterium megatherium* een temperatuur van 80° C. gedurende een uur, en zelfs temperaturen van 90° en 100° C. gedurende enkele minuten kunnen verdragen, had hij, naar hij veronderstelde, een middel in de hand om de vraag of de bacteriophage van *bact. megatherium* soortvreemd of soorteigen was, tot oplossing te brengen.

Verwarmt men sporen van den lysogenen stam 899 gedurende een uur tot 80° C. of gedurende enkele minuten tot 90° of 100° C., dan mag men voor zeker aannemen, dat deze temperatuur in alle deelen van de spore wordt bereikt. DEN DOOREN DE JONG neemt nu aan, dat tengevolge daarvan de phage, veronderstellende dat deze in of op de sporen bevat is, wordt geïnactiveerd. Geeft hij de aldus verwarmde sporen gelegenheid te ontkiemen, dan krijgt hij een cultuur van *megatherium*, waarin wederom de bacteriophage wordt aangetroffen.

Deze proeven zijn door velen herhaald en bevestigd (SÖHNGEN, FLU, COWLES, RITSEMA VAN ECK, WOLMANN).

Voor DEN DOOREN DE JONG is het hiermee bewezen, dat de bacteriophage soorteigen is aan de bacteriën en door de microbe bij zijn groei gevormd wordt. De phage is dus geen zelfstandig wezen, geen parasiet van de bacterie.

Men heeft er direct op gewezen, dat ook een andere verklaring van het verschijnsel mogelijk was. Er moeten toch in het sporenlichaam factoren van invloed zijn die het eiwit, het plasma der microbe, tegen de hoge temperaturen waaraan men de sporen onderwerpt beschermen. De vegetatieve vormen van sporenvormende microben worden bij temperaturen, die om en bij 70° C. liggen, gedood. Nu mag men veronderstellen, dat de in de sporen bevatte phagen ook van de bescherming door die zelfde factoren zullen genieten.

Meer dan eene veronderstelling was dit niet en men stond daarmede zeer zwak tegen de controleerbare en bevestigde feiten door DEN DOOREN DE JONG geconstateerd.

¹⁾ Studien über Bakteriophage, Über *Bac. megatherium* und die darin anwesenden Bakteriophagen von Dr. L. E. DEN DOOREN DE JONG.

Zentralbl. für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankh. 120 Band. 23 Febr. 1931, p. 1—15.

Over de thermoresistentie van bacteriophagen bestaat er een groote litteratuur. Men is het algemeen eens, dat in vochtige omgeving alle tot heden bekende phagen bij temperaturen schommelend tusschen 70° en 75° C. onwerkzaam worden gemaakt en niet meer zijn te regenereren.

De hiervan afwijkende mededeeling van HAUDUROY, dat de aldus geïnactiveerde phagen weer zouden kunnen worden geactiveerd, is door niemand bevestigd. ¹⁾ ²⁾

In gedroogden staat zouden de phagen aan veel hooger temperatuur weerstand kunnen bieden. HAUDUROY, die de phagen in open buizen verhitte, een handeling die de resultaten zijner proeven veel van hun bewijskracht ontnemt, constateerde dat phagen in drogen staat verhit pas boven 135° C. onwerkzaam worden.

Ook VEDDER constateerde, dat watervrije phagen van *B. megatherium*, *B. coli*, *B. paracoli* en *B. typhosum* temperaturen van 80° en 100° C. gedurende resp. 10 en 30 minuten kunnen verdragen zonder onwerkzaam te worden gemaakt ³⁾.

RITSEMA VAN ECK bracht aan zijden draadjes gedroogde phagen en sporen van *megatherium* in buisjes die met een stop van caoutchouc waren afgesloten in het apparaat van KOCH bij 100° C. De phaag was na 5 minuten verblijf bij 100° C. gedood, de sporen van *megatherium* konden deze temperatuur onder dezelfde omstandigheden een uur lang verdragen ⁴⁾.

De resultaten van de zoo juist genoemde onderzoekers wijzen er dus op, dat de phagen in drogen staat temperaturen van 100° C. en misschien hooger kunnen verdragen. Onmogelijk is het dus niet, dat indien zij in de sporen bevat zijn, zij tegelijk met het sporenplasma tegen den invloed van hooge temperaturen worden beschermd.

ADANT isoleerde uit kippenontlasting een bacteriophaat tegen *Bact. subtilis*. Door verwarming tot 75° C. gedurende 30 minuten van de vloeistof, waarin deze bacteriophaat naast *bact. subtilis* voorkwam, werd de phaag onwerkzaam. Door de buisjes, waarin de phaag de *subtilis*bacteriën had opgelost lang te laten staan, werden culturen van *subtilis* verkregen, die constant, ook na vele overentingen met den phaag geïnfecteerd bleken. Door verwarming van een sporendragende cultuur dezer stammen gedurende 15 minuten tot 95° C. of gedurende 5 minuten bij 100° C. werd

¹⁾ Influence du chauffage sur le Bacteriophage de D'HÉRELLE, par C. HAUDUROY. Compt. Rend. Hebdomadaires des Séances de la Société de Biologie. Tome 87, 1922, p. 1089—1090.

²⁾ Über die Thermoresistenz von Bakteriophagen und die Frage ob Reaktivierung von bis 100° C. erhitzten Bakteriophagen möglich ist, von Prof. P. C. FLU. Acta Leidensia Edita etc. Scholae Medicinae Tropicae. Vol. I. p. 101—111. Tijdschr. v. Vergel. Geneesk. etc. X. 1924.

³⁾ The Heat Resistance of Dried Bacteriophage. Acta Brevia Neerlandica.

⁴⁾ Is de Bacteriophaat een bacterieproduct? Acad. Proefschr. 1931.

de phaag onwerkzaam, maar bleven de sporen leven. Ontkiemden deze, dan gaven zij aanleiding tot een cultuur, die den phaag produceerde.

Hij wijst er op, dat men dit verschijnsel kan verklaren of door aan te nemen dat de phaag door de bacterie bij zijn groei wordt gesecerneerd of door te veronderstellen, dat de phaag in het plasma der microben drong en zoo ook in het plasma van de sporen geraakte en aldaar tegen de hooge temperatuur beschut werd ¹⁾.

COWLES kon uit rioolvocht een op anthrax bacillen werkzamen phaag isoleeren. Hij verkreeg secundaire culturen, die tegen den phaag resistent bleken. Door de sporen gedurende 10 uur bij 80° C. te verwarmen en deze daarna te doen ontkiemen en deze proef verschillende malen met dezelfde bacterie te herhalen, kon hij kiemen verkrijgen, die steeds tegen den phaag resistent waren. Hij trekt de conclusie, dat de phaag diep ingrijpende veranderingen in het plasma van den bacil veroorzaakt ²⁾.

Na de onderzoekingen van DEN DOOREN DE JONG, die door hem werden bevestigd, zette hij zijn onderzoek met den anthraxphaag voort. Ook werd een subtilisphaag in het onderzoek betrokken.

Hij kweekte secundaire culturen, die sporen vormden. De subtilis-sporen konden eene verwarming gedurende 10 minuten bij 90° C. en gedurende 5 minuten bij 100° C. verdragen. Sommige, maar niet alle koloniën, die op de met de verwarmde sporen beënte platen groeiden, gaven culturen die het lytisch principe bevatten.

Hij wijst er op, dat men uit zijn resultaten ook het besluit zou kunnen trekken, dat de bacteriophag niet zelf de verwarming overleefde, maar dat hij de bacteriecel zoo verandert dat deze bij nieuwen groei de lytische substantie produceert, maar in elk geval meent hij te mogen concluderen, dat de resultaten door DEN DOOREN DE JONG bereikt niet bewijzen, dat de phaag spontaan door de bacteriën geproduceerd wordt ³⁾.

WOLLMANN, die een eigen theorie van de bacteriophagvorming, waarbij hereditaire verschijnselen te hulp worden geroepen, gesteld heeft en getracht had met behulp van den phaag en de subtilisstammen van ADANT het vraagstuk van het soorteigen of soortvreemd zijn van den phaag ten opzichte der microbe op te lossen, had geen resultaat. Hij is DEN DOOREN DE JONG dankbaar voor zijn onderzoek en zegt, dat de door dezen onderzoeker bereikte resultaten „Apportent la condamnation définitive de l'hypothèse parasitaire de la bactériophagie” ⁴⁾.

Zoover zijn wij stellig zeker niet en het zal straks blijken, dat de uitkom-

¹⁾ Le Bacteriophage du bacilles subtilis sporulée, par M. ADANT. C. R. Hebd. des Séances d. l. Soc. d. Biol. Tome 111. 1932. p. 1055—1056.

²⁾ A Bacteriophage for B. anthracis by PH. B. COWLES. Journ. of Bacteriology. Vol XXI. p. 161—166. 1930.

³⁾ The Recovery of Bacteriophage from filtrates derived from heated spore suspensions by PH. B. COWLES. Journ. of Bacteriol. 1931. Vol. XXII. p. 119—123.

⁴⁾ Recherches sur le Phénomène de Twort-D'HÉRELLE (Bactériophagie) Ann. de l'Inst. Past. Tome 49. 1932. p. 41—74 par E. WOLLMANN et Mme. E. WOLLMANN.

sten van DEN DOOREN DE JONG hoe interessant op zich zelf, hiertoe ten eenenmale niet in staat zijn.

Op de proeven van ADANT en COWLES zou men in zooverre critiek kunnen oefenen, dat deze onderzoekers hun stammen niet op lysogeniteit onderzochten. Zij vermelden althans in hunne publicatie's niets van een onderzoek der door hen gebruikte stammen op ultrarein, op bacteriophagavrij zijn.

DEN DOOREN DE JONG die, m.i. zeer ten onrechte een onderscheid wil maken tusschen echte door sporenvormers spontaan gevormde phagen en z.g.n. modderphagen, die men uit ontlasting, rioolvocht of grachtwater isoleren kan, zou de phagen, door de zoo juist geciteerde onderzoekers gebruikt, niet als echte phagen willen erkennen, daar de subtilisphagen uit kippenontlasting en rioolvocht, de anthraxphagen uit rioolvocht geïsoleerd werden.

Om deze critiek te ontzenuwen gebruikte ik voor de straks te beschrijven proef, den bacteriophag door Bact. megatherium 899 (DEN DOOREN DE JONG) geproduceerd en als lysabelen later resistent te maken stam de phaaggevoelige 338b', eveneens van DEN DOOREN DE JONG.

338b', de phaaggevoelige variant van Bact. megatherium, is niet lysogeen. Dat blijkt uit speciaal door mij verrichte onderzoekingen nog eens, nadat ook DEN DOOREN DE JONG dit had geconstateerd. Trouwens, indien men zou veronderstellen, dat deze stam zelf een phaag produceerde, dan zou de geheele bewijsvoering van DEN DOOREN DE JONG als een kaartenhuisje inéén storten. Immers de indicator van een bacteriophag mag zelf geen phaag vormen.

De phaag, door Bact. megatherium 899 geleverd, is volgens DEN DOOREN DE JONG een echte, door een gepasteuriseerden sporenvormer geproduceerde phaag.

Door middel van den phaag uit 899 werden nu verschillende culturen van 338b' (phaaggevoelig) zoowel in peptonwater, als in peptonbouillon tot lysis gebracht, waarna de vloeistof ongefiltreerd minstens 3 weken bij kamertemperatuur werd bewaard. Was er na dezen tijd weer troebeling opgetreden, dan werd op 1 % peptonagar uitgezaaid en reïnculturen aangelegd, die men weer weken liet staan. Die culturen, waarin de megatherium sporen had gevormd, werden nu verzameld en voor onderzoek bewaard.

Behalve op deze wijze, verschaftte ik mij ook secundaire culturen door peptonagar en ook 1 % vleeschbouillonagar te bestrijken met jonge culturen van 338b' phaaggevoelig en daarover geconcentreerden megatherium 899 phaag te gieten. Er ontstaan na 24 uur steriele eilandjes, waarop zich na twee dagen en later secundaire koloniën ontwikkelen. Secundaire koloniën die sporen vormden, werden verzameld.

Door 338b' phaaggevoelig, die niet met bacteriophag megatherium in contact was geweest, op schuin gestolde 1 % peptonagar te enten en

gedurende weken bij kamertemperatuur te laten, verkreeg ik een groot aantal sporenvormende stammen van 338, die *nooit* spontaan phaag produceerden.

Secundaire stammen van 338b', die sporen hadden gevormd, werden in peptonwater gesuspenseerd en hierin gedurende een uur bij 80° C. verhit. De suspensie werd daarna gecentrifugeerd, het centrifugaat uitgestreken op peptonagar en de gegroeide bacteriekoloniën gemengd met 20 cc. peptonwater en gedurende 4 dagen bij 38° C. bebroed, waarna door CHAMBERLAND L. 3 werd gefiltreerd. Het steriele filtraat werd op de aanwezigheid van phaag onderzocht, waarbij de phaaggevoelige 338b' als indicator diende.

Hierbij bleek het volgende:

van 5 secundaire sporenvormende 338b' uit peptonwater boden 3 aan de verwarming gedurende een uur tot 80° C. weerstand. Onder deze drie was er een, die na de verwarming een phaag leverde;

van 8 secundaire sporenvormende 338b' uit bouillon boden 5 aan de verwarming gedurende een uur tot 80° C. weerstand. Geen enkele leverde na de verwarming een phaag;

van 9 secundaire sporenvormende 338b' op peptonagar boden 6 aan de verwarming gedurende een uur tot 80° C. weerstand. Onder deze was er een, die na de verwarming een phaag leverde;

van 13 secundaire sporenvormende 338b' op gewone 1 % vleeschbouillonagar, boden 12 aan de verwarming gedurende een uur tot 80° C. weerstand. Onder deze waren er 5, die na de verwarming een phaag leverden.

Onder de 12 sporenvormende variëteiten, die zich uit 338b' „phaag sensibel” hadden ontwikkeld, maar vooraf niet met den phaag uit *Bacterium* meg. 899 in contact kwamen, waren er 11 die weerstand boden aan de verwarming gedurende een uur bij 80° C. en onder deze was er *geen* die phaag leverde.

Onder de 35 sporenvormende variëteiten van 338, die zich uit 338b' „phaagsensibel” ontwikkelden, *nadat* deze de lysis door een Bacteriophag megath. 899 hadden ondergaan, waren er dus 26, die weerstand boden aan de verwarming gedurende een uur tot 80° C. en onder deze waren er 7, die na de ontkieming een cultuur opleverden waaruit een Bacteriophag megatherium was te isoleeren.

Uitzaaiing der met phaag gemengde 338 (lysabel) op 1 % vleeschbouillonagar schijnt een zeer geschikte methode om secundaire met phaag geïnfecteerde koloniën te doen opkomen.

Deze resultaten geven n.m.m. recht tot de volgende conclusies:

1. Dat de vooraf zeker lysinvrije variant 338b' phaagsensibel na lysis door een Bacteriophag megatherium 899 secundaire koloniën vormt, die soms tot sporenvormende typen terugkeeren.

2. dat zulke sporenvormende secundaire typen soms in een groot percentage met den phaag besmet zijn.
3. dat de phaag in de sporen bevat is en
4. daardoor profiteert van de bescherming door factoren, die ook het sporeneiwit beschermen, zoodat dit door die bescherming een temperatuur van 80° C. gedurende een uur verdragen kan zonder te worden geïnactiveerd.
5. dat dus het door DEN DOOREN DE JONG beschreven gedrag van den phaag in de sporenvormende *Bacterium megatherium* 899 niet bewijst, dat de phaag een product is van het protoplasma en door *Bacterium megath.* bij zijn groei gevormd wordt.
6. dat het zeer waarschijnlijk is, dat evenals ik 338b met den bacteriophraag van 899 infecteeren kon, ook 899 in de periode van zijn vrij leven in den grond met een in dien grond voorkomenden phaag geïnfecteerd werd en sedert dien in symbiose met dien phaag leeft.

Leiden, Mei 1934.

Summary.

The author shows that the experiments of Dr. DEN DOOREN DE JONG on *B. Megatherium* and proving according to his opinion that the phage activity on *Megatherium* is produced by *B. Megatherium* and is not a virus are not conclusive.

He was able to „infect” a non lysogenic, non phage producing *B. Megatherium* employed by DEN DOOREN DE JONG to demonstrate the activity of the *Megatherium* phage, with the phage of *B. Megatherium*; thus showing that non lysogenic strains of *B. Megatherium* can be infected with *B. Megatherium* phage and develop into resistant spore bearing varieties. In those varieties the phage is preserved, just as found by DEN DOOREN DE JONG for the *B. Megatherium* 899 after heating the spores for an hour at 80° C.

This article will be fully published in German in the *Acta Leydensia Scholae Medicinae tropicae*.

Hygiène. — *Etudes sur le Rayonnement suivant Gurwitsch.*¹⁾ VI. *Le rayonnement secondaire.* Par L. K. WOLFF et Mlle G. RAS. (Communicated by Prof. J. BOEKE.)

(Communicated at the meeting of June 30, 1934).

Pour l'étude du phénomène du rayonnement mitogénétique nous faisons usage depuis deux ans et demi de la méthode suivante.

Une suspension (fraichement préparée) de staphylocoques dans du bouillon, de concentration déterminée, est placée dans une cuvette en verre, recouverte ou non d'un couvre-object en quartz amorphe (celui-ci n'est pas indispensable à la réussite de l'expérience mais élimine toute action chimique) et soumise à l'action des rayons. Nous surmontons cette cuvette de l'agent d'émission, contenu le plus souvent dans une éprouvette également en quartz fondu.

Par des essais de culture nous avons vérifié que les bactéries non soumises à l'irradiation ne se multipliaient pas pendant la durée de l'expérience (5 min.—1½ heure). D'autre part l'on constatait pour une durée d'irradiation adéquate (suffisante et pas trop longue) une augmentation relative de 25 à 50 % du nombre de colonies formées. Nous ne discuterons pas ici s'il s'agit d'une réelle multiplication des bactéries, ou d'une dislocation d'individus accolés. Cette question fait l'objet d'expériences en cours. Nous commencerons cette étude par un aperçu de la méthode dont nous nous sommes servis.

I.

Le mode opératoire de toute cette recherche est similaire à celle de Wright (Lancet 1923), c.à.d. 2½ m.m³ de suspension (avant et après irradiation) sont mélangés à 50 mm³ de sérum sanguin et ce mélange est porté dans quatre compartiments d'une „slide-cell”.

Ceux-ci sont soumis à l'incubation à 37° pendant 18 à 20 heures, et le nombre de colonies résultantes est compté à l'aide d'une loupe. Le nombre de colonies doit être de préférence entre 40 et 200 pour chaque compartiment.

Cette méthode exige une grande habileté expérimentale, car la mesure exacte des 2½ mm³ et le mélange au liquide de culture sont d'une opération

¹⁾ 1e Comm. Z. f. Bakt. I. Abt. Orig. T. 123, j. 257, 1931.

2e „ Bioch. Z. T. 250, p. 305, 1932.

3e „ Bioch. Z. T. 259, p. 210, 1933.

4e „ Z. f. Bakt. I. Abt. Orig. T. 128, p. 305, 1933.

5e „ Z. f. Bakt. I. Abt. Orig. T. 128, p. 315, 1933.

délicate. Notre erreur expérimentale ne dépasse pas en moyenne 5 % et nous désignons un effet comme positif lorsque la culture irradiée dépasse en valeur relative au moins de 20 % la culture de contrôle. Au cours de l'année passée nous avons pu simplifier très sensiblement la méthode, de telle façon qu'un expérimentateur même moins entraîné saurait obtenir de bons résultats. Pour cette méthode simplifiée nous remplaçons le milieu de suspension (c.à.d. le bouillon) par du sérum (et encore mieux par un mélange d'une partie de sérum de boeuf ou de cheval et 3 parties de bouillon). On s'arrange à obtenir par cc. seulement 1000 à 3000 bactéries. Le sérum transmet aussi bien que le bouillon les rayons secondaires. A la fin de l'expérience il suffit d'introduire 50 mm³ dans chaque compartiment de la „slide-cell". Les mêmes résultats pourraient être obtenus assurément à l'aide de boîtes de Pétri et de la gélose et tout en se passant des pipettes capillaires suivant Wright. Mais cette méthode usuelle est beaucoup plus coûteuse et n'atteint pas une aussi grande précision. En parcourant la littérature l'on constate qu'en général les numérations de bactéries par la méthode des plaques sont sujets à des erreurs beaucoup plus grandes.

La méthode de Wright exige certes une grande habileté expérimentale ; mais les résultats sont sûrs dès qu'on la possède suffisamment.

A titre d'exemple nous faisons suivre ici les résultats de deux expériences simples. Nous n'avons pris qu'un seul temps d'exposition (4') et de la culture de contrôle et de la culture irradiée nous avons rempli cinq „slide-cells". Nous avons obtenu ainsi 20 compartiments de chaque culture, dont six étaient inutilisables le lendemain, par la présence de bulles d'air.

Contrôle I.					Total
77	75	65	74	73	65, 67, 70, 71, 71
76	72	78	—	71	72, 73, 73, 73, 74, 74
70	—	71	73	76	75, 75, 76, 77, 78, 79
79	73	—	67	74	moyenne = 73,1 ± 3,6
<hr/>					
75 ¹ / ₄	73	71 ¹ / ₃	71 ¹ / ₃	73 ¹ / ₂	

Irradié					Total
86	95	91	90	91	85, 86, 88, 90, 90, 90
90	94	95	93	—	91, 91, 93, 93, 94, 94, 94
94	90	93	—	95	95, 95, 95, 96
—	94	85	96	88	moyenne = 91,2 ± 3,3
<hr/>					
90	93 ¹ / ₄	91	93	91 ¹ / ₃	différence = 18,1 ± 1,2

Une expérience analogue avec une densité de bacilles plus grande nous donna le résultat suivant:

Contrôle II.

135	134	131	136	139
126	138	139	139	137
129	132	130	129	136
136	140	127	127	127

131 ¹ / ₂	136	131 ³ / ₄	132 ³ / ₄	137 ¹ / ₄
---------------------------------	-----	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

Total

126, 127, 127, 129, 129, 130, 131
 132, 134, 135, 136, 136, 136, 137
 137, 138, 139, 139, 139, 140
 moyenne = 133,8 ± 4,5

Irradié

172	162	179	161	179
169	177	—	175	179
165	161	166	178	178
172	166	180	—	—

169 ¹ / ₂	168 ¹ / ₂	175	171 ¹ / ₃	177 ² / ₃
---------------------------------	---------------------------------	-----	---------------------------------	---------------------------------

Total

161, 161, 162, 165, 166, 166
 169, 172, 172, 175, 177, 178, 178
 179, 179, 179, 180
 moyenne = 171,1 ± 7,3
 différence = 37,3 ± 2,4

Nous avons obtenu plusieurs centaines de séries d'expériences positives analogues que nous étudierons bientôt par la méthode statistique; nous nous bornons à citer celles-ci à titre d'exemple. Nous ajoutons encore quelques remarques qui sont importantes pour la réussite des expériences.

La composition de la gélose et du bouillon de culture est d'une importance essentielle. Ces milieux de culture ne peuvent pas être trop riches, sinon les effets de Gurwitsch deviennent trop faibles. Une culture sur gélose datant de 7 jours au moins est réensemencée sur gélose la veille du soir, pour être utilisée le lendemain matin après 15 heures d'incubation.

La gélose doit être sèche. Nous utilisons toujours un staphylocoque du genre *pyogenes aureus*, mais toutes les souches ne se prêtent pas aux expériences. Nous avons utilisé la même souche pendant les deux premières années; puis elle nous donna des résultats moins nets et nous avons dû la remplacer. Par voie purement empirique nous avons cherché la souche qui se prêtait le mieux aux expériences.

Compositions de bouillon: 1 % extrait de viande Liebig, 1 % peptone de viande Merck, $\frac{1}{2}$ % chlorure de soude, pH ± 7,4.

Composition de la gélose: Bouillon-ci-dessus + 2 % gélose.

Composition du sérum bouillon:

Une partie de sérum de vache ou de cheval, clair, sans cellules, conservé dans la glacière: trois parties de bouillon; nombre de bactéries: 1000 à 3000 par cmc., soit 50 à 150 par compartiment de „slide-cell”.

La suspension de bactéries dans le bouillon est bien mélangée et introduite dans de petits flacons genre Carrel; l'orifice supérieur est obturé par une lamelle en quartz (amorphe), par l'orifice latéral nous pouvons prélever la quantité de suspension nécessaire pour remplir une „slide-cell”.

Ces fractions sont étalées (après irradiation) pendant 10 à 15 minutes sur une plaque paraffinée, en évitant soigneusement toute dessiccation. Ensuite nous en remplissons les slide-cells et les plaçons aussitôt à l'étuve

à 37°. Le dénombrement se fait le lendemain après seize heures au moins; les „slide-cells” sont déposées sur une plaque de verre quadrillée et l'on se munit d'une loupe. Un entraînement technique insuffisant fait perdre toute signification aux résultats; nous ne valorisons les expériences d'induction qu'après avoir obtenu des chiffres parfaitement concordants.

L'écart entre la suspension irradiée et non irradiée est variable dans de larges limites; il fut le plus fréquemment de 25 à 35 %; (nous estimons un effet de moins de 20 % comme non concluant). L'écart était parfois beaucoup plus grand (50 à 80 %); nous avons obtenu quelque fois des effets de plus de 100 % (voyez plus bas).

Lors de ses expériences avec les cellules de levure, Gurwitsch a signalé que l'effet est favorisé par une irradiation intermittente à l'aide de secteurs tournants. Nos effets d'induction étaient suffisamment nets sans que nous ayons dû avoir recours à cette méthode. Dans ces derniers temps nous avons cependant fait une série d'expériences dans ce sens. Ce mode d'opération nous a donné parfois des effets beaucoup plus prononcés; dans d'autres cas l'effet par irradiation intermittente était le même que sans interruption. Nous ne connaissons pas encore la cause de cette divergence des résultats. Cette méthode nous donna un effet positif beaucoup plus indépendant du temps d'irradiation: nous obtenions p. ex. des résultats positifs après 1', 1½', 2', 2½', 3', 3½' et 4', tandis que l'effet ne se montrait qu'à 3½' et 4' par une irradiation non intermittente.

La fréquence du fractionnement n'est pas sans importance, fait que Gurwitsch a signalé pour la levure; une fréquence de 100 à 200 interruptions par minute nous donna les résultats les plus favorables. Avec une fréquence d'interruption de 2000 nous n'avons pas obtenu de résultats. Dans ces expériences nous avons utilisé un moteur synchrone monté à une distance de 1 M. du détecteur et de l'inducteur; les étincelles d'un moteur ordinaire peuvent occasioner des résultats erronés.

Dans tous les expériences qui vont suivre on s'est servi d'un mélange de lait et de présure comme émetteur des rayons de Gurwitsch, non parce que ce mélange a quelque chose de particulier, mais seulement parce qu'il est facile à se procurer et passablement constant dans son pouvoir émetteur. Tous les laits pourtant ne se coagulent pas avec la même rapidité, car celle-ci dépend du traitement préalable auquel le lait a été soumis. Le lait bouilli ou pasteurisé à haute température se coagule beaucoup plus lentement que le lait crû ou pasteurisé à température basse. Le rayonnement dans le premier cas est de plus longue durée que dans le second cas. Nos expériences ont été faites en grande majorité avec du lait pasteurisé à haute température. Ceci nous donna de bons effets d'irradiation en chauffant le lait à 60° et en l'addionnant ensuite de la poudre de présure sèche. Dans la suite nous ne disposions que du lait pasteurisé à basse température (méthode Stassano) et dans ce cas les résultats étaient plus favorables en chauffant le lait à 37°. On s'arrangeait de façon à avoir une coagulation nette après quatre minutes.

II.

Le bouillon (et de même le sérum) est opaque aux rayons ultra-violets de longueur d'onde plus petite que 2600 \AA , donc aussi aux rayons de Gurwitsch. A raison, Gurwitsch nous a fait remarquer (communication écrite) que nous faisons usage dans notre méthode du phénomène du „rayonnement secondaire”.

Le rayonnement secondaire est selon Gurwitsch la propriété de liquides, opaques aux rayons ultra-violets, de transmettre les rayons de Gurwitsch quand ces liquides contiennent des cellules vivantes. Gurwitsch a trouvé des exceptions; des solutions d'acide nucléinique p.e. donneraient également passage aux rayons de Gurwitsch sans qu'il ait présence de cellules (fait confirmé par nous). Dans le cas du rayonnement secondaire le spectre des rayons résultants serait généralement différent de celui des rayons incidents.

Le phénomène des rayons secondaires nous a paru digne d'une étude plus approfondie et les résultats que nous avons obtenu dans cette voie nous semblent d'importance, tant pour le phénomène du rayonnement secondaire que pour le phénomène primitif de Gurwitsch.¹⁾

Dans notre première note sur les rayons secondaires nous avons communiqué une série de faits. Nous les résumons ici, car nos résultats s'y rattachent directement.

10. Outre les cultures de bactéries ou de cellules de levure vivantes, les rayons secondaires sont transmis tout autant par des milieux de culture, dont les cellules ont été éliminées par centrifugation ou filtration à la bougie de Chamberland et de même par des solutions d'acide nucléinique (Gurwitsch) et par le sérum sanguin.

20. Pour une même source primaire l'intensité du rayonnement secondaire s'accroît avec la dilution de la suspension; ceci s'applique tant aux cultures liquides non filtrées que filtrées. Le rayonnement est amplifié en plaçant l'une après l'autre plusieurs cuvettes en quartz munies d'une culture liquide diluée (filtré ou non); les rayons ne sont plus transmis, quand nous remplaçons la culture filtrée par du bouillon pur.

30. Dans les cultures filtrées les rayons de Gurwitsch occasionnent un processus chimique (une réaction en chaîne suivant Gurwitsch, dont nous acceptons le point de vue). Nous pouvons „surirradier” la culture et la rendre ainsi impropre à la transmission des rayons de Gurwitsch. Le pouvoir transmissif se rétablit néanmoins après 1 ou 2 jours.

40. Des cultures bouillies (filtrées ou non) ne transmettent plus les rayons (à l'exception des solutions d'acide nucléinique). Les solutions filtrées, tout comme les suspensions de bactéries peu concentrées, peuvent

¹⁾ Nous exprimons ici notre profonde gratitude pour les nombreuses suggestions qui nous ont été faites au cours de ces recherches par MMs. le Dr. BURGER, Drs. VAN EEKELEN, Dr. JOSEPHY, Dr. JULIUS, Prof. DE HAAS, Dr. RUYSSSEN et Prof. VAN DER WAALS.

être diluées fortement sans perdre leur pouvoir émissif pour les rayons secondaires (voir plus haut). Il semble que des quantités de matière extrêmement faibles suffisent pour l'apparition du phénomène.

Nous relaterons ici un grand nombre d'expériences qui nous ont servi à l'explication de ce phénomène remarquable, mentionné plus haut, qu'une suspension diluée contenue dans une cuvette en quartz transmet des rayons de Gurwitsch de densité ou d'efficacité plus grande que les rayons incidents. Ceci résulte du fait suivant: Toutes conditions pareilles, en plaçant une cuvette entre l'agent d'irradiation et le détecteur, la durée d'exposition suivi d'un effet positif était plus courte qu'en cas d'action directe. D'autres expériences nous ont montré d'ailleurs qu'à une distance plus grande entre l'émetteur et le détecteur correspondait une durée d'exposition plus longue. Comme nous ne disposons pas dans ce cas-ci de faisceaux de rayons parallèles ou convergents, à distance plus grande le détecteur recevra un nombre de rayons moins grand. Si deux émetteurs différents placés à une même distance des détecteurs montrent l'effet à des temps différents, nous pouvons conclure que les rayons, dont la durée d'action est la plus courte, sont ou d'une densité, ou d'une efficacité plus grande.

Nous voulons illustrer les faits mentionnés par un exemple.

La durée d'irradiation, nécessaire pour produire un effet positif est de 4 minutes dans les conditions expérimentales 1. ¹⁾ (voir schéma 1), le tube en quartz contenant l'émetteur des radiations au dessus de la cuvette en verre contenant la suspension de bactéries détectrices), tandis qu'il est de 2 minutes dans les conditions 2. (voir schéma 2) identiques à I sauf qu'une cuvette de quartz contenant une suspension de bactéries sépare l'émetteur du détecteur.



Fig. 1.

Fig. 2.

La série suivante d'expériences (dans un ordre différent de leur exécution) permet, sinon d'expliquer, tout au moins d'approfondir la connaissance du phénomène.

¹⁾ Dans tous les schémas qui suivront, le verre est figuré par une ligne continue, tandis que le quartz est figuré par une ligne brisée.

Nous avons trouvé dans la cuvette interposée une influence analogue à celle du godet sousjacent. Nous supposions d'abord qu'il s'agissait d'une muto-induction, mais ceci était inexact: l'effet se produisait tout autant pour un godet sousjacent vide (3) ou même en le supprimant (4).

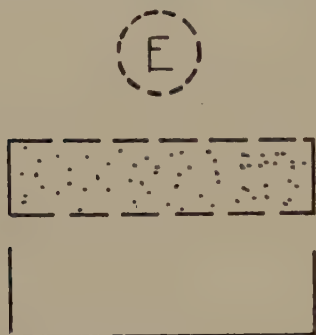


Fig. 3.

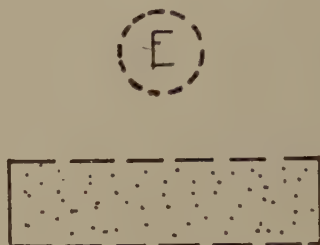


Fig. 4.

L'effet se trouvait même accéléré dans un récipient dont la paroi inférieure était en quartz comparté à un récipient tout en verre. (5 et 6).

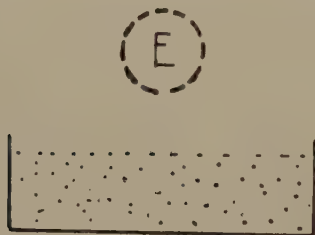


Fig. 5.

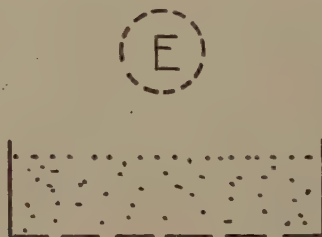


Fig. 6.

Ce fait a été le point de départ des recherches qui seront mentionnées dans cet article.

Par plusieurs autres expériences nous avons pu confirmer le rôle du fond en quartz (c'est-à-dire une durée d'effet de Gurwitsch plus courte que dans un montage ordinaire sans fond de quartz). Il apparut que la réflexion des rayons de Gurwitsch contre le fond de la cuvette joue un rôle très important dans le phénomène.

En premier lieu nous avons recherché si l'emploi de cuvettes d'une matière différente que le quartz ou le verre avait une influence sur la durée nécessaire du rayonnement. Seul le quartz avait le pouvoir de raccourcir la durée du rayonnement effectif. Nous avons aussi examiné l'effet de la nature des parois latérales. Cet effet n'était pas très fort. Au lieu du verre et du quartz nous avons employé de l'haevelite et de la paraffine qui donnèrent des valeurs similaires au verre; une cuvette recouverte de graisse de noix de coco et de cire donnèrent le même résultat. A l'encontre du quartz, toutes ses substances sont opaques tout autant aux rayons ultra-

violet de longueur d'onde plus petite que 2500 \AA qu'aux rayons de Gurwitsch.

Nous avons réalisé également une cuvette en bouillon figé par du gélose, et une cuvette dont les parois étaient enduites de vaseline, ces deux derniers récipients exigeaient une durée d'irradiation bien plus longue que le verre (plus de 8 minutes); nous y reviendrons plus bas.

Au cours de nos recherches nous avons expliqué de la façon suivante l'action accélératrice du quartz: une fraction des rayons de Gurwitsch traverse la paroi de quartz, arrive à la surface quartz-air extérieur, et se trouve partiellement réfléchi vers le milieu.

Suivant le schéma ci-contre, le verre ne réfléchit que par sa surface supérieure (7), le quartz réfléchit également à sa surface inférieure (8).

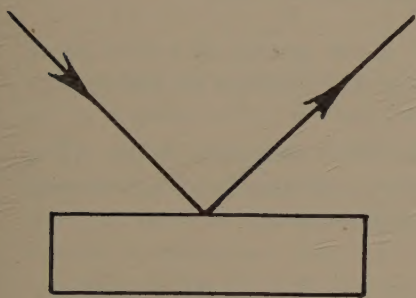


Fig. 7.

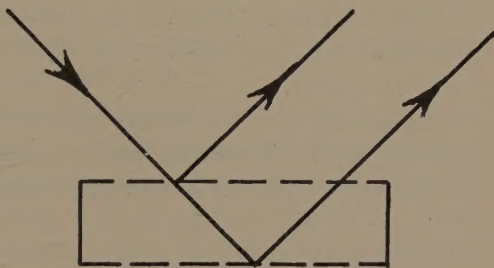


Fig. 8.

Puisque les rayons de Gurwitsch sont sans action sur la plaque photographique, nous avons employé comme source lumineuse le rayonnement d'un tube à décharge à hydrogène; cette lumière était dirigée sur la fente du spectographe par réflexion sur une lamelle en quartz ou en verre. Du même point de vue nous avons examiné le quartz, le verre, et le quartz dont la paroi distale était enduite de vaseline.

Les pouvoirs réfléchissants du verre et du quartz sont semblables pour le visible, celui du quartz est nettement supérieur à celui du verre pour l'ultra-violet. Un graissage par de la vaseline de la paroi externe du quartz élimine cette différence entre quartz et verre.

Admettant donc pour ce phénomène le rôle si important des rayons réfléchis, tout facteur favorable à cette réflexion favorisera le phénomène et abrégera la durée de l'irradiation, nécessaire pour obtenir un effet de Gurwitsch positif.

Inversément tout facteur entravant ou diminuant cette réflexion, allongera cette durée. Nous pouvons en donner les exemples suivants.

A. En plaçant au dessous de la cuvette de quartz l'aluminium, le platine ou l'argent, les rayons ultra-violet, qui ont traversé la lamelle de quartz seront partiellement réfléchis; voir même l'aluminium, qui réfléchit le mieux; en second lieu vient le platine et enfin l'argent. Aussi dans les expériences mentionnés ci-dessus le temps pour obtenir un effet est le

plus court pour l'aluminium, puis vient le platine et en dernier lieu l'argent.

B. La réflexion sur la surface externe du fond en quartz sera fonction de la différence de l'indice de réfraction entre celui-ci et la matière limitrophe.

Nous pouvons réduire le quartz aux propriétés du verre en enduisant sa partie externe de vaseline. Par son pouvoir fluorescent la vaseline transforme les rayons ultra-violets en rayons de longueurs d'ondes plus grandes. Si nous remplaçons le fond lisse de verre ou de quartz par des lamelles mates, la réflexion sera diminuée d'autant. Conformément à ceci les durées d'irradiation étaient plus longues pour les surfaces mates que pour les surfaces lisses. Et répondant à ce même point de vue une lamelle de quartz placée horizontalement au milieu de la suspension (avec ou sans orifice) n'accélérait pas le phénomène de Gurwitsch dans la partie supérieure de la suspension. (schéma 9).

Dans ce cas la réflexion est quasi nulle, car le quartz se trouve limité des deux côtés par du bouillon dont l'indice de réfraction diffère peu de celui du quartz.

Un couvercle en quartz sur une cuvette en verre remplie à moitié influe très peu sur le phénomène, car le quartz amorphe n'absorbe ou ne réfléchit qu'une faible fraction des rayons émis. (schéma 10).



Fig. 9.



Fig. 10.

Nous avons pu démontrer d'une autre façon que la réflexion des rayons de Gurwitsch sur une lamelle de quartz (dont la paroi externe est limitée dans l'air) est plus efficace que pour les cas d'autre substances (verre, paraffine, vaseline).

Pour cela nous avons séparé deux éprouvettes en quartz par une plaque de cuivre et de part et d'autre nous avons placé en direction perpendiculaire des lamelles de nature variable. Nous avons rempli l'un des tubes de l'émetteur de lait + présure et l'autre d'une culture de bactéries comme agent de détection. De cette façon les rayons de Gurwitsch émis n'atteignaient le détecteur que par réflexion sur les deux surfaces. (schéma 11).

L'effet de Gurwitsch exigeait pour le verre: 8 minutes, pour le quartz:

4 à 5 minutes, pour la vaseline et la paraffine: 9 minutes, pour le quartz dont la surface externe était vaselinée: 8 minutes.

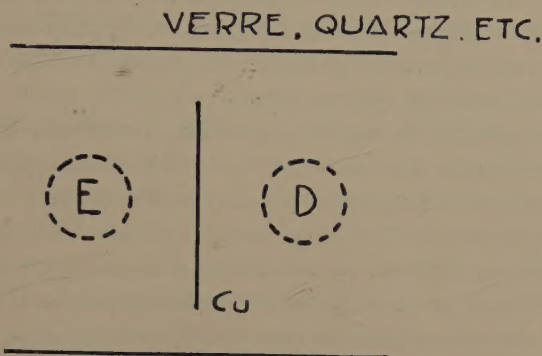


Fig. 11.

D'autres expériences encore permettent d'insister sur le rôle important de la lumière réfléchie dans l'effet de Gurwitsch.

10. Pour une plus grande épaisseur de suspension, qui est contenue dans une cuvette de verre, nous pouvons montrer, que l'effet se produit plus tôt dans la partie la plus éloignée de l'émetteur que dans la partie voisine. Gurwitsch a décrit un phénomène analogue. Il a trouvé que dans une culture liquide le pourcentage des bourgeons était plus élevé dans les parties les plus éloignées de l'agent de rayonnement. Nous expliquons ce fait par la réflexion des rayons de Gurwitsch à la surface de séparation et dont l'effet maximum se manifeste à cette surface.

20. Suivant nos conceptions un accroissement de la surface de séparation augmentera la densité des rayons de Gurwitsch réfléchis, et favorisera par cela l'effet de Gurwitsch.

Nous avons obtenu cet accroissement de différentes manières.

Pendant l'irradiation nous avons produit des bulles d'air ou d'azote à l'intérieur du liquide. Il en résultait une accélération de l'effet; dans l'expérience de contrôle le passage des bulles sans irradiation, était sans action.

Nous avons obtenu le même résultat en introduisant de la poudre de quartz ou de verre à l'intérieur du milieu liquide. L'écart était moins important de ce que nous aurions pu calculer à partir de l'augmentation de la surface. (ce qui s'explique par l'irrégularité de cette surface).

Inversément nous pouvons expliquer que l'effet se trouve retardé dans une cuvette en bouillon, solidifié par la gélose, par rapport à une cuvette en verre de même dimensions. Dans ce premier cas la réflexion est minime car le bouillon liquide et le bouillon à gélose ont sensiblement le même indice de réfraction. Si nous prenons une cuvette allongée en bouillon à gélose, aucune accélération ne se manifeste à l'arrière de la cuvette par rapport aux parties vicinales de l'agent d'émission (comme dans le cas plus haut), nous constatons au contraire un léger ralentissement. D'autre

part, en plaçant un morceau de verre contre la paroi-arrière nous y constatons une accélération.

Nous avons constaté un même phénomène dans une cuvette allongée en verre avec une fenêtre en quartz fondu: l'effet Gurwitsch se produit plus tôt dans la partie de la cuvette qui est la plus éloignée du fenètre que dans la partie qui en est la plus proche.

Jusqu'ici nous avons pu montrer combien l'effet de Gurwitsch était accéléré par la réflexion des rayons à la surface de séparation, mais nous n'avons pas expliqué le mécanisme de cet accélération.

Comment expliquer une influence aussi marquée des rayons réfléchis qui, somme toute ne forment qu'une faible fraction des rayons incidents dans la suspension. L'action des rayons réfléchis serait-elle différente et plus énergique que les rayons de Gurwitsch émis en ligne directe? C'est bien ce que nous avons trouvé.

Un émetteur E irradie trois détecteurs D_1 , D_2 et D_3 à distances égales: $ABC = AD = AE$. (schéma 12).

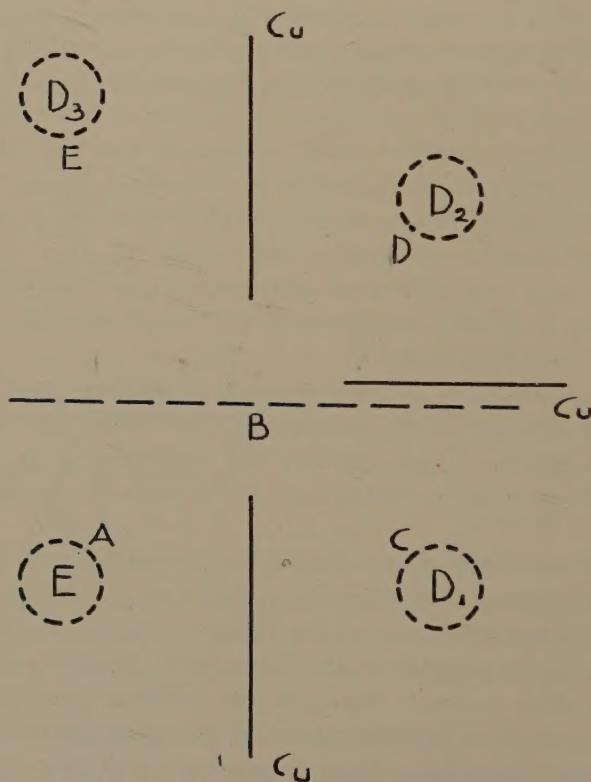


Fig. 12.

Trois écrans métalliques Cu séparent les tubes de façon à éviter une irradiation directe du détecteur D_1 par l'émetteur et une action mutuelle des détecteurs D_1 , D_2 et D_3 . En B il y a une lamelle de quartz amorphe.